DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang | 10. Dezember 1926 | Heft 50/51

# AUS DEN FORSCHUNGEN UND DEN JAHRESBERICHTEN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

*

# Inhalt:


Seite

Über formative Reize in der Entwicklung der Amphibien. Von Otto Mangold, Berlin-Dahlem . . . . . 1169

Über die Isolierung des glykolytischen Fermentes aus dem Muskel und den Mechanismus der Milchsäurebildung in Lösung. Von Otto Meyerhof, Berlin . . . . . 1175

Photochemische Versuche über Atmung. Von Otto Warburg, Berlin-Dahlem . . . . 1181

Untersuchungen über den Einfluß erhöhten Sauerstoffdruckes auf Mäusecarcinom in vivo. Von A. Fischer, E. Buch Andersen und Fr. Demuth, Berlin-Dahlem . . . . 1181

Zur Biochemie des Tabaks. Von C. Neuberg und M. Kobel, Berlin-Dahlem . . . . . 1182

Die Organdifferenzierung der Großhirnrinde im Lichte der vergleichenden Architektonik. Von Maximilian Rose, Berlin . . . . . 1184

Über idiosomatische Variationsgruppen und ihre Bedeutung für die Klassifikation der Krankheiten. Von N. Timoféeff-Ressovsky und O. Vogt, Berlin . . . . . 1188

Die vergleichend-architektonische und die vergleichend-reizphysiologische Felderung der Großhirnrinde unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen. Von C. Vogt und O. Vogt, Berlin . . . . . 1190

Die Schwester der Syphilis (die tropische Framboesie) und ihre Beziehungen zur Lues-Paralysefrage. Von F. Jahnel, München . . . . . 1194

Über die neuen Fällungs- und Adsorptionssätze und einige ihrer Ergebnisse. Von Otto Hahn, Berlin-Dahlem . . . . . 1196

Experimentelle Bestimmung der Reichweite homogener $\beta$-Strahlen. Von Lise Meitner, Berlin-Dahlem . . . . . 1199

Zur Existenz der weitreichenden $\alpha$-Strahlen des Radium C. Von K. Philipp, Berlin-Dahlem . . . . . 1203

Emission von Atomen aus festen Körpern bei chemischem Angriff auf ihre Oberfläche. Von St. Bogdandy und M. Polanyi, Berlin-Dahlem . . . . . 1205

Über eine neue Art von Koagulation. Von H. Freundlich und H. Kroch, Berlin-Dahlem 1206

Die quantentheoretische Dispersionsformel und ihre experimentelle Prüfung. Von R. Ladenburg, Berlin-Dahlem . . . . . 1208

Kohlenverflüssigung und restlose Kohlenvergasung. Von Franz Fischer, Mülheim (Ruhr) 1213

Über ein Gaspyrometer. Von Hermann Schmidt, Düsseldorf . . . . . 1214

Über die Röntgen-Emissionsspektren der Eisenmodifikationen. Von Franz Wever, Düsseldorf . . . . . 1217

Beitrag zum Härteproblem. Von G. Sachs, Berlin-Dahlem . . . . . 1219

Röntgenographische Untersuchungen am Muskel. Von R. O. Herzog und W. Jancke, Berlin-Dahlem . . . . . 1223

Über den Molekülbegriff in der Strukturchemie. Von M. Bergmann, Dresden . . . . 1224

Wirbelschichten und ihre Bedeutung für die Strömungsvorgänge. Von A. Betz, Göttingen 1228

Pontoporeia affinis und Pallasea quadrispinosa in den norddeutschen Seen. Von August Thienemann, Plön (Holstein) . . . . . 1233

Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert. Von F. Ruttner, Lunz . . . . . 1237

Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (Oktober 1925—Oktober 1926) . . . . . 1239

Allgemeiner Bericht . . . . . 1239

Berichte aus den einzelnen Instituten . . . . . 1242

# Über formative Reize in der Entwicklung der Amphibien.

Von Otto Mangold, Berlin-Dahlem.
(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.)

Die entwicklungsphysiologische Forschung konnte ermitteln, daß in frühen Entwicklungsstadien das spätere Schicksal mancher Keimbezirke von anderen bestimmt wird. Man wird dies kaum anders auffassen können, als daß der determinierende Keimbezirk auf den zu determinierenden einen Reiz ausübt. In der Amphibienentwicklung sind eine größere Zahl solcher Reize bekannt. So wissen wir, daß die primäre Augenblase für die Bildung der Linse und das Urdarmdach für die Bildung der Achsenorgane des Embryo von einschneidender Bedeutung ist; weiterhin, daß bestimmte, vielleicht einfache Nachbarschaftswirkungen bestehen derart, daß etwa präsumptive Bauchhaut der früheren Gastrula in den Bereich der präsumptiven Urwirbel verpflanzt zu Urwirbel wird u. a. m. Zwischen den Reizen scheint dabei ein prinzipieller Unterschied zu bestehen, insofern als der Determinator bestimmt, daß in den einen Fällen der Form und Struktur nach ihm gleiches gebildet wird, in den anderen dagegen, daß etwas von ihm ganz Verschiedenes entsteht und schließlich, daß etwas ganz Komplexes, etwa ein Achsensystem, sich entwickelt.

Über die Natur der Reize, wissen wir nichts näheres; man könnte vermuten, daß sie chemischer oder elektrischer Art sind. Versuche, dies direkt nachzuweisen, sind meines Wissens in frühen Embryonalstadien noch nie gemacht worden, dürften auch schwer auszuführen sein. Wir sind daher gezwungen, uns auf indirektem Weg Aufschluß über die Reize zu verschaffen. Eine Etappe auf diesem Weg ist dieses Frühjahr von mir zurückgelegt worden. Ein Teil der Resultate soll in den folgenden Zeilen kurz mitgeteilt werden.

Den Ausgangspunkt des Versuchs bildete die bekannte Tatsache, daß die primäre Augenblase imstande ist, Ectoderm gleichalter Stadien mancher Formen, welches normalerweise keine Linse entwickelt hätte, zur Bildung einer solchen zu veranlassen. Es sollte nun untersucht werden, wie lange, d. h. in welchen Entwicklungsstadien das linsenlose Auge in der Lage ist, die Linsenbildung zu induzieren, ob etwa die funktionstüchtige Retina noch Linsenbildung veranlassen kann. Sollte das letztere der Fall sein — was nach den Erfahrungen bei der Wolffschen Linsenregeneration nicht ganz unwahrscheinlich ist —, so wäre bei der bedeutenden Größe der ausgebildeten Retina eventuell die Möglichkeit gegeben, der Frage, ob der linseninduzierende Reiz ein chemischer sei, experimentell näher zu treten.

Die Entwicklung der Linse ist ein sich über längere Zeit erstreckender Prozeß, an dem sich theoretisch verschiedene Phasen unterscheiden lassen: die Phase der Verdickung der Sinnesschicht des Ektoderms, die Phase der Abhebung dieser Verdickung und ihre Absonderung als Bläschen, und schließlich die Phase der Differenzierung der proximalen Bläschenwand zum Faserkegel bis zur fertigdifferenzierten Linse. Es ist eine Frage, ob keiner oder alle die Vorgänge, welche hierbei vor sich gehen, dem Einfluß des Augenbechers unterliegen, oder ob nur der erste Vorgang induziert wird und in der Folge alle andern unabhängig vom Augenbecher ablaufen können. Wenn alle Vorgänge dem Reiz des Augenbechers unterliegen, so ist von Interesse, ob es ein und derselbe Reiz ist oder eine Reihe verschiedener Reize.

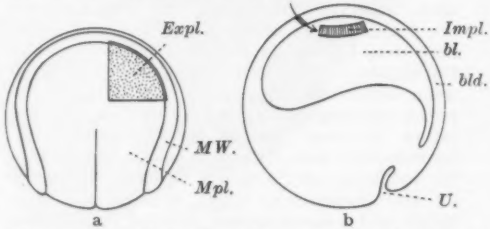



Fig. 1. Schematische Darstellung des Experimentes. 1a. Neurula, Blick auf den zukünftigen Kopf. — 1b. Medianschnitt durch eine frühe Gastrula. — *bl.* Blastocoel; *bld.* Blastoderm; *Expl.* Ex- bzw. Implantat = zukünftiges Auge; *Impl.* Implantat, welches durch einen Schnitt im Blastoderm in der Richtung des Pfeiles eingeschoben wurde; *Mpl.* Medullarplatte = späteres Gehirn und Rückenmark; *MW.* Medullarwülste; *U.* Urmund.

Bei den Versuchen muß darauf geachtet werden, daß man den Determinator auf Ektoderm wirken läßt, das den gebotenen Reiz aufnehmen kann. Es wurden daher 2 Versuchsreihen angestellt. Bei der ersten wurde der Neurula von Rana fusca, deren Bauchektoderm die Fähigkeit zur Linsenbildung besitzt, Augen bzw. Teile von solchen verschiedensten Alters unter das Ektoderm der Kiemenregion geschoben. Die Embryonen dieses Versuchs sind noch nicht geschnitten, die Resultate daher noch nicht bekannt. — In der 2. Versuchsreihe wurde bei Triton taeniatus, alpestris oder cristatus aus der Medullarplatte die Anlage des Auges herausgeschnitten und einer, ungefähr 2 Tage jüngeren, beginnenden Gastrula von Triton taeniatus in die Furchungshöhle gesteckt (Fig. 1). Nach früher gemachten, nunmehr

ergänzten Erfahrungen liegen solche Stücke später zwischen Ektoderm und Mesoderm meist in der Herz- und Leberregion und differenzieren sich unter Beibehaltung ihres Entwicklungsvorsprungs selbständig weiter. Die Augenblase hat dann Gelegenheit, ihre Reize auf das 2 Tage jüngere Ektoderm wirken zu lassen. Leider ist bei dieser Versuchsanordnung die Altersdifferenz nicht das einzige Hindernis, das sich einem positiven Resultat in den Weg stellt. Einmal hat man die Orientierung des Augenbechers nicht in der Hand, da das Implantat bei der Gastrulation wahrscheinlich verschoben und verdreht wird, ja eventuell selbst noch bei den ersten Bewegungen des Embryo Verlagerungen erleiden kann; zum zweiten kann sich leicht Mesoderm zwischen das Implantat und das Ektoderm drängen und die Induktion der Linsenbildung verhindern. Die Hauptschwierigkeit liegt jedoch in der Frage nach der Aufnahmefähigkeit des Ektoderms von Triton taeniatus für den Reiz. Wir wissen wohl — und diese Kenntnis hat das Experiment veranlaßt —, daß die Potenz des präsumptiven Ektoderms der Gastrula zweifellos die Bildung einer Linse in sich schließt, fraglich erscheint jedoch, ob sie es auch noch allerorts tut, wenn der Induktionsreiz der Augenblase zu wirken beginnt. Dieser dürfte, nach dem Erscheinen der Linse in der normalen Entwicklung zu urteilen, frühestens auftreten, wenn die primäre Augenblase das Ektoderm erreicht, also ungefähr 1—2 Tage nach der Implantation. In dieser Zeit ist der Wirtskeim in der Neurulation: sein Ektoderm verdichtet sich in der Richtung auf die dorsale Mediane zu, um hier die Medullarplatte zu bilden, während seine ventralen und ventrolateralen Bezirke zum flachen Epithel werden. Es ist eine Frage von allgemeinem Interesse, ob Ektoderm, das mit der Neurulation beschäftigt ist, sofort in die Linsenbildung eintreten kann oder allgemein gefaßt, ob ein Keimteil, der gerade in der Ausführung eines Entwicklungsprozesses begriffen ist, diesen abbrechen und in einen zweiten eintreten kann, der normalerweise früher oder später in der Entwicklung liegt. Wahrscheinlich ist dies nicht, vielmehr — und dies wird unten an einem anderen Resultat bewiesen — wird das Wirtsektoderm sich erst dann zur Linsenbildung anschicken, wenn über den normalen Augen des Wirtsembryo die Linsen sich entwickeln, also im Stadium des sprossenden Schwänzchens. Und hier ist es zweifelhaft, ob auch das Ektoderm des Transplantationsortes bei Triton Linse bilden kann. Demnach muß aller Voraussicht nach das Implantat ziemlich lange im Wirt leben, bis es ein reaktionsfähiges Ektoderm vorfindet, und dann ist es fraglich, ob es, da es ja älter ist, imstande sein wird, die erste Phase der Linsenbildung noch auszulösen. Dieser an und für sich schon verzwickte Gedankengang erfährt noch eine weitere Komplikation, wenn man annimmt, daß das Stadium der Aufnahmefähigkeit des Ektoderms für den Reiz nicht zusammenfällt mit demjenigen der Reaktion. Dies soll hier nicht ausgeführt werden, da es bei dem unten besprochenen zweiten, etwas leichter zu analysierenden Resultat geschieht.

Nach den geltend gemachten Schwierigkeiten werden wir, wenn überhaupt, mit nur sehr wenig sicheren positiven Resultaten rechnen können. In der folgenden Tabelle gebe ich eine Übersicht über das Experiment. Sie umfaßt auch das Material, welches für den 2. Abschnitt dieses Aufsatzes von Bedeutung ist (Kolonne 4 und 5).

| 1 Spender: Neurula von Triton | 2 Wirt; Gastrula von | 3 Gesamtzahl der Versuche | 4 Gestorben | 5 fix. (für Linsenproblem zu jung) | 6 fix. (für Linsenproblem brauchbar) | 7 Linseninduktion sicher | 8 Linseninduktion fraglich | 9 Keine Linse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| taen. | taen. | 58 | 27 | 12 | 19 | 2 | 7 | 10 |
| alp. | taen. | 51 | 37 | 8 | 6 | 0 | 1 | 5 |
| crist. | taen. | 30 | 22 | 8 | — | — | — | — |
| zusammen | | 139 | 86 | 28 | 25 | 2 | 8 | 15 |

Da die Linse relativ spät gebildet wird, müssen die operierten Keime weit aufgezogen werden, die Zahl der gestorbenen bzw. zu früh fixierten (man fixiert meist die kränklich aussehenden) ist daher ziemlich hoch. Für unser Linsenproblem kommen von 139 operierten Keimen nur 25 in Betracht, und von diesen hatten nur 2 eine Linse über dem Implantatauge gebildet, bei 8 ist es sehr fraglich, und bei 15 wurde keine Linse beobachtet. Verdikkungen der Epidermis und Bläschenbildung in dieser sind nicht selten, doch ist die Linsennatur, da weder die Lage noch die Struktur einen Anhaltspunkt geben, nicht sicher festzustellen. Welche Gründe für das Ausbleiben geltend gemacht werden müssen, mag von Fall zu Fall verschieden sein. Wichtig ist, daß die beiden positiven Fälle eine gute Beweiskraft besitzen; sie sollen im folgenden kurz geschildert werden.

Ret. 185. Das Implantat stammte aus einer Taeniatusneurula mit schön erhobenen Medullarwülsten und wurde einer späten Taeniatusgastrula in das nur noch kleine Blastocoel geschoben, derart, daß seine Innenfläche die Innenfläche des Ektoderms berührte. Der Wirtskeim wurde fixiert, nachdem er reichliches, aber noch ungeordnetes Pigment aufwies. Ventral, median hinter der Leberregion hatte er einen mäßigen Höcker, dessen kaudaler Abfall kraterförmig eingesenkt war. Der Spenderkeim war gestorben. — Der Wirtskeim wurde in Querschnitte zerlegt, von denen zwei in den Fig. 2 und 3 teilweise abgebildet sind. Fig. 2 gibt uns einen Schnitt durch den normalen linken Augenbecher. Seine Retina (Ret.) und sein Tapetum (Tap.) sind deutlich different. Die Linse (L) ist als Bläschen der inneren Schicht des Ektoderms gerade abgehoben und steht vor der Abschnürung. Die Fig. 3 stellt einen Schnitt durch das Implantatauge dar, welches mit seiner Irisfläche dem Bauchektoderm breit anliegt und mit dem Tapetum dem Darm (D) zugewandt ist. Seine Re-

tina (Ret.) und sein Tapetum (Tap.) sind etwas weiter differenziert als beim Wirtsauge. Die Sinnesschicht des Ektoderms weist eine Verdickung auf, welche in der Hauptmasse kaudal vom Auge liegt und sich auch in den Augenbecher hinein erstreckt (Verd.). Ungefähr zwei Drittel des Raumes des Augenbechers werden jedoch ausgefüllt von einem schönen Bläschen (Bl.) mit deutlichem Lumen. Seine Lage im Lumen des Augenbechers, sein Entwicklungsstadium, das demjenigen der Wirtslinse entspricht, seine Herkunft von der Sinnesschicht und seine Form machen es sehr wahrscheinlich, daß dieses Bläschen eine junge Linse darstellt; dagegen könnte sprechen, daß es den Becher nicht ganz ausfüllt und daß seine einschichtige Struktur nicht genau festgestellt werden kann.

Wirt sind die Wirtsaugen normal (Fig. 5), ihre Linsen haben ein dünnes Linsenepithel (L. ep.), ein nur sehr schmales Lumen und einen kugeligen Faserkern (F.k.), in dem die Zellkerne nahezu vollständig verschwunden sind. Das Implantatauge (Fig. 6) bildet einen wirren Knäuel von Retinamaterial, dessen Sinneszellen (S.z.) meist nach innen gerichtet sind, und ein unvollständiges, auffallenderweise stets oberflächlich liegendes Tapetum. Zwischen dem Implantatauge und der Epidermis eingeklemmt liegt eine tadellos geformte und schön differenzierte Linse (L.ind.), deren Differenzierungsstadium genau demjenigen der normalen Wirtslinsen entspricht und die auch an Größe diesen auffallend gleicht. In ihrer Nachbarschaft ist die Epidermis etwas verdickt. — Diese Linse kann nur vom Ektoderm unter dem Einfluß des Implantatauges gebildet sein, andere

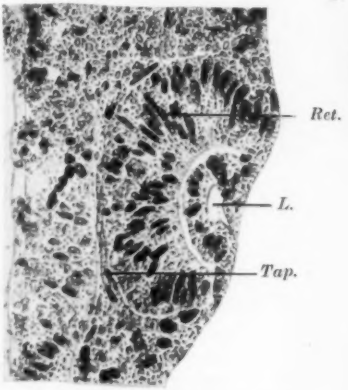



Fig. 2. Ret. 185 w. Normaler linker Augenbecher mit Retina (*Ret.*), Tapetum (*Tap.*), und Linsenbläschen (*L*). 180× vergr.

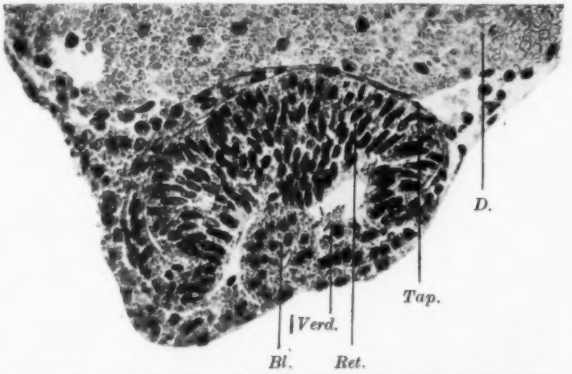



Fig. 3. Ret. 185 w. Ventral median hinter der Leber liegender Implantataugenbecher mit Retina (*Ret.*), Tapetum (*Tap.*), einem induzierten Linsenbläschen (*Bl.*). *D.* Darm. *Verd.* Epidermisverdickung. 180× vergr.

Ret. 161. Der Spender bildete zur Zeit der Operation eine Neurula mit eben sich abhebenden Medullarwülsten, der Wirt eine beginnende Gastrula mit sichelförmigem Urmund. Beide Keime waren bei der Fixierung frei schwimmende Larven. Dem Spender fehlte das rechte Auge. Der Wirt hatte einen abnormen länglich-elliptischen Augenkomplex zwischen dem hinteren Rand des linken Auges, dem linken Rand des Herzens und der linken Kiemenregion, der nur teilweise mit Tapetum bekleidet ist. Links dorsal von diesem Implantatauge konnte schon im Leben eine gut ausgebildete Linse beobachtet werden. Die Einlagerung des Implantats bedingte eine starke Störung der Entwicklung der linken Kiemenregion. Ein hier weniger interessierender Gehirnteil des Implantates lag im Bereich des Schultergürtels. — Die Untersuchung der Querschnitte ergab beim Spender den vollständigen Mangel des rechten Auges; das linke ist normal und hoch differenziert (Fig. 4). Im

Entstehungsarten erscheinen nach unseren heutigen Kenntnissen ausgeschlossen. An solchen wurden in Erwägung gezogen: 1. die etwaige Mittransplantation der zum transplantierten Auge gehörigen Linsenanlage des Spenders, 2. die Regeneration nach Art der WOLFFschen Linsenregeneration, 3. die Umbildung von Material des transplantierten Augenbechers selbst, und 4. die Entstehung unabhängig vom Augenbecher aus den infolge der Implantation etwa verlagerten normalen präsumptiven Linsenzellen.

Wenn man die Beweiskraft der beiden Fälle addiert, so wird man zu dem Schluß kommen, daß der induzierende Reiz der Augenanlage imstande ist, die durch das Experiment gegebene Altersdifferenz zu überwinden.

Überraschenderweise hat das Experiment ein weiteres Resultat geliefert, das noch viel geeigneter ist, unsere Frage nach der Dauer morphogene-

tischer Reize zu beantworten. Das Implantat veranlaßte nämlich das übergeschichtete Ektoderm, sich zu verdicken, und ein Stück Medullarplatte zu bilden. Dieses Ergebnis erzielte mein hochverehrter Lehrer SPEMANN und ich gleichzeitig im Frühjahr 1926. Vollkommen unabhängig voneinander hatten wir zur Lösung ganz verschiedener Fragen dasselbe Experiment angestellt. Wir beabsichtigen, die ausführliche Mitteilung gemeinsam zu veröffentlichen. Meine Ergebnisse sollen hier an Hand eines typischen Falles charakterisiert und einige Ausblicke skizziert werden.

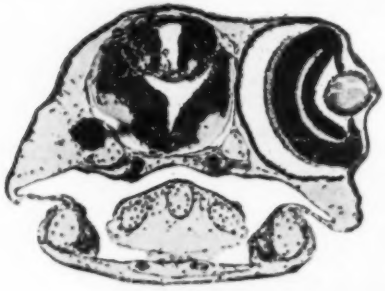


Fig. 4.

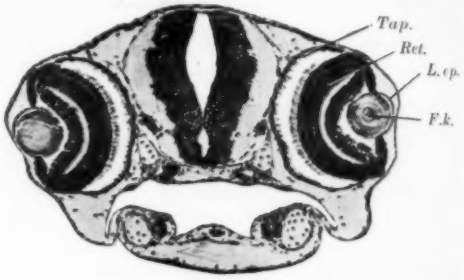



Fig. 5.

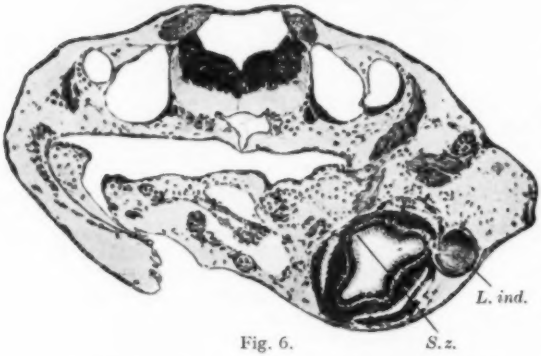



Fig. 6.

Fig. 4. Ret. 161 Sp. Querschnitt durch die Augenregion des Spenders, rechtes Auge fehlt (im Bild links). 60× vergr.

Fig. 5. Ret. 161. W. Querschnitt durch die Region der normalen Augen des Wirtes. 60× vergr.

Fig. 6. Ret. 161. W. Querschnitt durch die Gehörregion des Wirtes mit dem Implantatauge. 60× vergr.

Bezeichnungen für Fig. 4—6: *F. K.* Faserkegel; *L. ep.* Linsenepithel; *L. ind.* induzierte Linse; *Ret.* Retina; *Sz.* Sinneszellen; *Tap.* Tapetum nigrum.

Ret. 203. Einem Alpestriskeim, dessen Medullarwülste gerade in Erscheinung traten, wurde ein Stück Medullarplatte, welches das präsumptive Vorderhirn und Auge darstellte, entnommen, die wenigen anhängenden Urdarmdachzellen abgekratzt und dann einer Taeniatus-Gastrula mit sichelförmigem Urmund ins Blastocoel gesteckt (Fig. 1). Ungefähr 40 Stunden später hatte der Alpestriskeim (Fig. 7a) einen gut abgesetzten Kopf, dem das rechte Auge fehlte, Kiemenwülste (Kw.), Vornierenwülste (Vw.) und eine ziemlich große Schwanzknospe (Schkn.). Der Wirtskeim (Fig. 7t) besaß stark erhobene, nahezu aneinanderliegende Medullarwülste (Mw.) und links ventral ein kleines dreieckiges Medullarfeld (M.ind.), welches am cephalen Abhang eines bedeutenden Höckers liegt und links und median von deutlichen Wülsten (W.) begrenzt ist. $5^1/_2$ Tage nach der Operation war der Wirtskeim fixiert worden (Fig. 8t); er besaß ein ziemlich langes Schwänzchen (Schw.), an dem sich gerade der Flossensaum (Fls.) bildete, Augenbecher (Au.) mit Linsenverdickungen, gegliederte Kiemenwülste (Kw.) und diffuses Pigment. Links ventral in der Herz- und Leberregion war ein riesiger Höcker (H.), an dessen Basis das Implantat (Impl.) dunkel durchschimmerte. Der Spenderkeim (a) war gestorben. — Der Wirtskeim (t) wurde in Querschnitte zerlegt, von denen drei, durch den Implantathöcker verlaufende in den Fig. 9, 10 und 11 abgebildet sind. Implantat und Wirtsmaterial lassen sich leicht unterscheiden. Das Implantatmaterial (alp.) hat viel Pigment, sehr kleine, schlecht konturierte, krümelige Dotterkörner, welche sich in Pikroindigocarmin blaugrün färben und, rein quantitativ betrachtet, wesentlich weniger Dotter als Taeniatus. Dagegen besitzt das Wirtsmaterial (taen.) wenig Pigment, reichliche, schön konturierte und gelblichgrün gefärbte Dotterkörner, unter denen sich ziemlich viele sehr große befinden und welche überhaupt meist größer sind als diejenigen von Alpestris. Das Implantat bildete einen etwas gestörten Augenbecher mit deutlich differenziertem Tapetum und Retina (Fig. 11, Impl.Tap.Ret.) und einem Gehirnbläschen (Fig. 11, Impl.G.). Beide grenzen

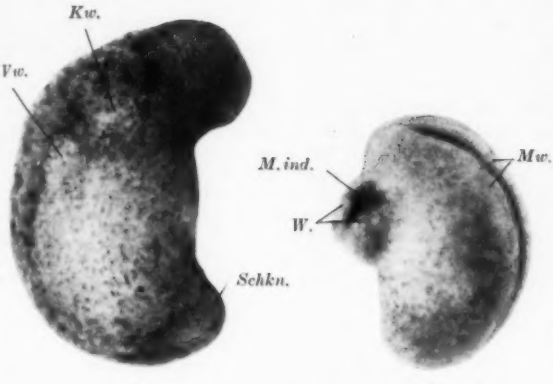



Fig. 7.

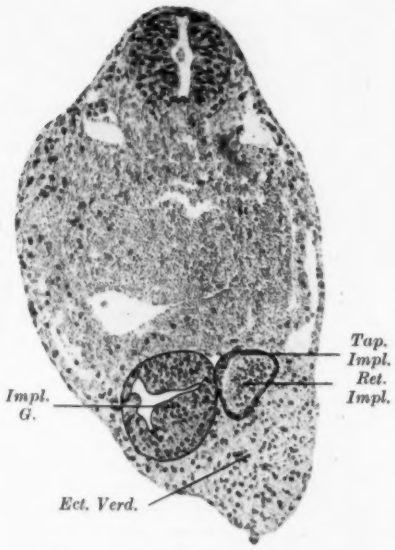



Fig. 11.

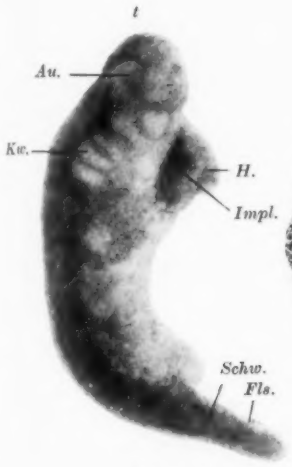



Fig. 8.

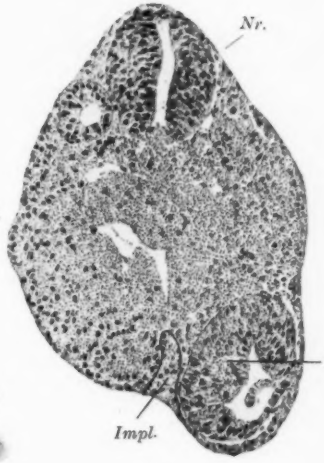



Fig. 9.

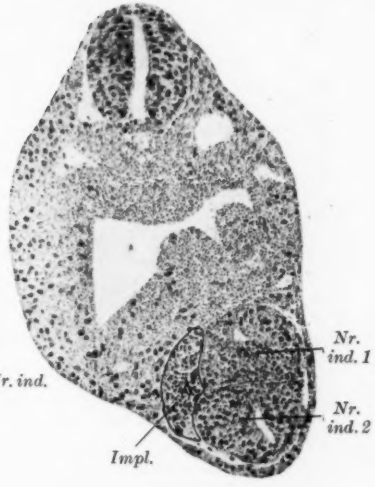



Fig. 10.

Fig. 7, 8, 9, 10, 11. Ret. 203.

Fig. 7. *a* Spenderkeim; *t* Wirtskeim, beide ca. 40 Stund. nach der Operation. 20× vergr.

Fig. 8. *t* Wirtskeim $5^1/_2$ Tage nach der Operation vor der Fixierung. 20× vergr.

Fig. 9, 10, 11. Querschnitte durch den Wirtskeim im Bereich des Implantathöckers. 77× vergr. Die Grenze des Implantates durch einen Tuschestrich verdeutlicht.

Bezeichnungen zu Fig. 7—11: *Au.* Auge; *Ect. verd.* Ektodermverdickung induziert; *Fls.* Flossensaum; *H.* Implantathöcker; *Impl.* Implantat; *Impl. G.* Gehirnbläschen des Implantates; *Kw.* Kiemenwulst; *M. ind.* Medullarplatte indiziert; *Mw.* Medullarwulst; *Nr. ind., Nr. ind. 1, Nr. ind. 2,* induzierte Neuralrohrstücke; *Ret.* Retina; *Schkn.* Schwanzknospe; *Schw.* Schwänzchen; *Tap.* Tapetum nigrum; *Vw.* Vornierenwulst; *W.* induzierte Medullarwülste.

proximal an das Ento- und Mesoderm, stehen miteinander in Verbindung und sind gut abgerundet. Daneben finden sich noch wenige freie Zellen des Implantats ohne bestimmte Struktur (abgesprengte Zellen der Medullarplatte oder Zellen der Kopfganglienleiste). Auf einem schmalen Feld liegt das Implantat sogar an der Oberfläche. Ventral und cephal der Hauptmasse des Implantats liegt ein großer Komplex von Wirtsmaterial, das mit dem Ektoderm in engster Verbindung steht und als eine Verdickung desselben aufzufassen ist (Fig. 11, Ekt.Verd.). Diese Verdickung besitzt über der Hauptmasse des Implantats keine besondere Struktur; am cephalen Ende desselben sondern sich jedoch in ihr zwei aneinander liegende Bläschen aus (Fig. 10, Nr. ind. 1, Nr. ind. 2), die weiter kopfwärts in ein gemeinsames (Fig. 9, Nr. ind.) übergehen. Die Bläschen zeigen typische Medullarstruktur. Das gemeinsame vordere Bläschen besitzt einen größeren Querschnitt als das normale Neuralrohr (Fig. 9, Nr.) im Bereich der Gehörblase.

Aus diesem Experiment lassen sich drei Hauptergebnisse ableiten, die durch viele andere Fälle gestützt sind: *1. das Implantat induziert in dem überlagernden Ektoderm trotz einer bedeutenden Altersdifferenz eine Verdickung, die sich als typisches Medullarrohr abgliedern kann. 2. Der Wirt bildet die induzierte Medullarplatte gleichzeitig mit seiner normalen. 3. Die Induktion geht von reinem Medullarplattenmaterial aus.*

Wir können vorläufig mit Sicherheit angeben, daß die von dem Implantat ausgehenden Induktionsreize imstande sind, auf ein sehr viel jüngeres Material zu wirken. Diese Tatsache ist schon recht erstaunlich, wenn man sich vor Augen hält, um welche entwicklungsphysiologischen Leistungen das Implantat dem Wirtsmaterial voraus ist. Weiterhin ist sicher, daß die Reaktion auf den Reiz erfolgt, wenn das Material des Wirts auf dem entsprechenden Stadium ist; der Zeitpunkt der Reaktion wird vom Wirt und nicht vom Implantat bestimmt. Da es sehr wahrscheinlich ist, daß das Implantat schon im Moment der Operation Induktionsreize aussendet (was in einem neuen Experiment leicht nachzuweisen sein wird), so ergibt sich, daß offenbar das Material eines Keims, gleichgiltig ob es zur präsumptiven Medullarplatte gehört oder nicht, erst in dem Stadium, wo der Keim seine normale Medullarplatte bildet, die zur Bildung eines Neuralrohrs notwendigen Formbildungen ausführen kann, früher nicht. Und wenn wir diese Beobachtung mit einer anderen, die Einstülpungspotenz bei der Gastrulation betreffenden kombinieren (MANGOLD 25), so werden wir mit großer Wahrscheinlichkeit sagen können, daß auch nach dem Neurulastadium kein Medullarrohr gebildet werden kann, denn dem präsumptiven Ektoderm der beendeten Gastrula geht im Gegensatz zu solchem der Blastula, in die obere Urmundlippe verpflanzt, die Fähigkeit sich einzustülpen ab. *Demnach scheint jeder Entwicklungsvorgang einem bestimmten Entwicklungsstadium (wohl mit einigem Spielraum) angepaßt zu sein;* fraglich bleibt dabei, ob die Fähigkeit für einen Entwicklungsvorgang einfach mit einem bestimmten Alter erworben wird oder ob die notwendige Voraussetzung der vorherige vollständige Ablauf aller normalerweise vor dem Vorgang liegenden Entwicklungsprozesse ist. Experimente, die diese Frage prüfen sollen, sind im Gang.

Läßt sich der Eintritt der Reaktion auf den Reiz durch Beobachtung sicherstellen, so erheben sich Schwierigkeiten bei der Beantwortung der Frage, wann der Induktionsreiz vom Ektoderm aufgenommen worden ist, ob die Fähigkeit zur Aufnahme bei der Operation schon vorhanden ist, oder, wie diejenige zu den notwendigen Formbildungsvorgängen, erst nach Abschluß der Gastrulation erworben wird. Es ist wohl unwahrscheinlich, jedoch nicht ganz von der Hand zu weisen, daß der Reiz zur Verdickung und Medullarplattenbildung sofort nach der Implantation aufgenommen wird, die Reaktion jedoch erst im Neurulastadium erfolgt. Träfe dies zu, so könnte aus unserem Experiment nicht geschlossen werden, daß der Induktionsreiz des Implantats im Neurulastadium des Wirts noch wirksam gewesen ist. Erst die planmäßige Kombination bestimmter Entwicklungsstadien wird uns über die Dauer der Reizausübung und Reizaufnahme Aufschluß geben. — *Für heute müssen wir uns damit begnügen zu wissen, daß sowohl der vom Augenbecher ausgehende Reiz zur Linsenbildung als auch der von dem Material der vorderen Medullarplattenbezirke auf Ektoderm wirkende Reiz zur Medullarplattenbildung die Entwicklungsdifferenz Neurula — frühe Gastrula überwinden kann.*

Die Tatsache, daß reines Medullarplattenmaterial die Bildung von Medullarplatte induzieren kann, ist von besonderer Bedeutung für die Frage nach dem Ablauf der Determination der Medullarplatte unter normalen Verhältnissen. Die von SPEMANN in den Kriegsjahren am Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie gemachte grundlegende Feststellung, daß die endgültige Determination der Medullarplatte vom Urmund aus nach vorn fortschreitet, hat sich in allen späteren experimentellen Arbeiten seiner Schüler bewährt. Von SPEMANN waren für dieses Fortschreiten der Determination zwei Wege geltend gemacht worden: 1. das sich einstülpende und nach vorn schiebende Urdarmdach und 2. das Ektoderm. Die Arbeiten der letzten Jahre bewiesen die Induktionsfähigkeit des Urdarmdachs allein, während für die Induktionsfähigkeit des Ektoderms bzw. der praesumptiven Medullarplatte selbst bisher nichts spricht. Als bei dem oben geschilderten Experiment die erste Medullarplatteninduktion bemerkt worden war, wurde in allen späteren Transplantationen mit Sorgfalt festgestellt, ob bzw. wie viel Urdarmdach mit verpflanzt wurde, was sich auf die Zelle genau angeben läßt. Zudem wurde noch heteroplastisch transplantiert, um später das Implantat vom Induzierten sicher unterscheiden zu können. *Aus diesen Versuchen ergibt sich vor-*

*läufig, daß die Induktion von dem vorderen Medullarplattenmaterial allein qualitativ und quantitativ ebenso erfolgt, wie wenn ein Teil bzw. das ganze Urdarmdach mit verpflanzt wird*, ob dies auch für die hinteren Bezirke der Medullarplatte zutrifft, muß noch geprüft werden. Ein determiniertes Medullarplattenmaterial, das sich zum Schluß des Neuralrohrs anschickt, veranlaßt demnach jüngeres Material, Medullarplatte zu bilden. Nach diesem Nachweis scheint das Fortschreiten der Determination im Ektoderm wahrscheinlich. Doch ist zu beachten, daß die Bedindungen im Versuch und in der Normalentwicklung in mehreren Punkten verschieden sind, von denen nur einer hervorgehoben werden soll. In unserem Experiment besteht ja zwischen dem Implantat und dem Wirtsmaterial eine beträchtliche Altersdifferenz, welche von einer ausgeprägten Medullarstruktur des Implantats begleitet ist. Diese letztere ist beim normalen Ablauf der Medullarplattendetermination nicht vorhanden. Wäre die strukturelle Differenzierung eine notwendige Voraussetzung der Induktion, so wäre zu erwarten, daß während und am Ende der Gastrulation die präsumptive Medullarplatte keine bzw. nur ganz geringe Induktionskraft besitzt. In diesem Stadium ist sie ja noch nicht histologisch vom anderen Ektoderm zu unterscheiden, ja noch nicht einmal endgiltig zu Medullarplatte determiniert. — Sollte aber die gleich zu erwähnende, durch die vorliegenden Experimente nahegelegte Vermutung sich bewahrheiten, daß im Taeniatuskeim Alpestrismaterial besser induziert als Taeniatus- und Cristatusmaterial, so wäre die Möglichkeit gegeben, bis jetzt nicht erfaßbare Wirkungen nachzuweisen.

Beim Vergleich der Resultate der 3 Kombinationen: Taeniatus in Taeniatus, Alpestris in Taeniatus und Cristatus in Taeniatus ergibt sich nämlich die auffallende Tatsache, daß die Wirkung des Implantats bei der Transplantation Alpestris in Taeniatus weitaus die beste ist. Es liegt nahe anzunehmen, daß die Quantität des Implantats die Quantität der Reaktion bestimmt hat, denn es ist ziemlich sicher, daß bei der Kombination Alpestris in Taeniatus das implantierte Stück größer war als in der Kombination Taeniatus in Taeniatus, da das Taeniatusei wesentlich kleiner ist als das Alpestrisei, und man bei der Entnahme des Implantats beim ersteren unwillkürlich ein kleineres entnimmt, als beim letzteren. Sehr zweifelhaft ist jedoch, ob auch das Cristatusexplantat kleiner als das Alpestrisexplantat war, da der Cristatuskeim dem von Alpestris im allgemeinen an Größe nicht nachsteht. Vorerst muß daher eine zweite Möglichkeit ins Auge gefaßt werden, nämlich die, daß im Taeniatuskeim die Induktionswirkung von Alpestrismaterial größer ist als diejenige von Taeniatus und Cristatusmaterial, vielleicht nur bezüglich der Medullarplattenbildungen. Dafür läßt sich geltend machen, daß die Formbildungsvorgänge bei der Neuralrohrbildung bei Alpestris am eindrucksvollsten und daher wohl auch am intensivsten sind. Die beiden Fragen: 1. Ist die Größe der Reaktion des Ektoderms (Verdickung und Medullarplattenbildung) abhängig von der Größe des Induktors überhaupt und 2. ist die Quantität der Wirkung gleichgroßer aber verschiedenartiger Implantate in bestimmter Weise verschieden? scheinen mir bei sorgfältiger Arbeit einer Lösung zugänglich, denn die Differenzen bei den Kombinationen Taeniatus in Taeniatus, Alpestris in Taeniatus und Cristatus in Taeniatus sind bei dem vorliegenden Versuch beträchtlich genug, um quantitativ erfaßt zu werden.

Vorläufig bitte ich, die *Literatur*, deren Besprechung erst in der ausführlichen Mitteilung beabsichtigt ist, aus folgenden zusammenfassenden Arbeiten zu entnehmen:

Linsenproblem bei: PETERSEN, Berichte über Entwicklungsmechanik. I. Entwicklungsmechanik des Auges. Zeitschr. f. d. ges. Anat., Abt. 3: Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. **24**, 327—347 und **25**, 623—660. 1923—24.

Determination der Medullarplatte bei: MANGOLD, O., Hauptprobleme der Entwicklungsmechanik. Verhandl. d. dtsch. Zool. Ges. Juni 1925.

## Über die Isolierung des glykolytischen Ferments aus dem Muskel und den Mechanismus der Milchsäurebildung in Lösung[1]).

Von OTTO MEYERHOF, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.)

Wenn auch die Theorie der Muskelkontraktion nur durch gleichzeitige Analyse der chemischen, mechanischen und thermischen Prozesse im arbeitenden Muskel erschlossen werden kann, so wird andererseits der Mechanismus der chemischen Vorgänge für sich am besten unter einfachen Bedingungen, also in homogener Lösung, studiert. In gleicher Weise datiert die exakte Erforschung des Chemismus der alkoholischen Gärung von dem Moment, als das Gärungsferment, die Zymase, vom Leben und der Struktur der Zelle abgetrennt, in homogener Lösung zur Wirkung gebracht wurde. Die hier von BUCHNER, LEBEDEW, HARDEN und YOUNG angewanten Methoden zum Studium des enzymatischen Gärungsablaufs lassen sich in vorzüglicher Weise auch auf unser Objekt, die energieliefernden chemischen Vorgänge des Muskels, übertragen. Die unmittelbare Quelle der Kontraktionsenergie ist die anaerobe Spaltung

[1]) Nach einem auf dem internationalen Physiologenkongreß in Stockholm (3. August 1926) gehaltenen Vortrag. Vorläufige Mitteilungen: Naturwissenschaften **14**, 196, 756. 1926; ausführliche Publikation in der Biochem. Zeitschr. 1926/1927.

des Glykogens in Milchsäure. Der Verlauf dieses Spaltungsvorganges ist von mir in homogener Lösung studiert worden.

Eine teilweise Abtrennung des milchsäurebildenden Fermentkomplexes gelang schon vor Jahren EMBDEN (1) durch Herstellung eines Preßsaftes aus Säugetiermuskeln, der nach Zusatz von Hexosediphosphorsäure eine merkliche Vermehrung der spontanen Milchsäurebildung aufwies, während Glykogen und Glucose ohne Wirkung waren — diese Beobachtung bildete den Ausgangspunkt für die Annahme des Autors, daß Hexosediphosphorsäure die Vorstufe der Milchsäure im Muskel, das „Lactacidogen", sei.

Andererseits kann die Muskulatur bei bloßer Zerstörung ihrer groben Struktur durch feines Zerschneiden auch von außen zugesetztes Glykogen, ferner Glucose, Fructose und Mannose zu Milchsäure glykolysieren, wie vor einigen Jahren von mir (2), und nahezu gleichzeitig auch von F. LAQUER (3) gezeigt wurde.

Eine vollständige Abtrennung des glykolytischen Fermentkomplexes sowohl von der Struktur des Muskels wie von allen im Muskel enthaltenen Kohlenhydraten gelingt durch Zerquetschung der Muskulatur unter stärkster Kühlung und Extraktion mit unterkühlten wässerigen Lösungen bei etwa —1 bis —2°. Der eiskalt zentrifugierte wässerige Extrakt enthält den Fermentkomplex in hoher Konzentration ohne Beimengung von Kohlenhydrat. Seine enzymatische Wirksamkeit ist dabei bei Zusatz von Glykogen oder Stärke von der gleichen Größe wie die der zerschnittenen Muskulatur. Aus der Lösung läßt sich das Ferment durch Aceton niederschlagen und nach Waschung mit Äther als haltbares Pulver gewinnen, bei Benutzung von Kaninchenmuskulatur mit einer maximalen Ausbeute von etwa 40% der enzymatischen Wirksamkeit des Extraktes, während das Ergebnis mit Froschmuskelextrakt ungünstiger ist. Der Hauptteil der Untersuchung ist aber direkt mit der wässerigen Fermentlösung angestellt. Der Verlauf der Milchsäurebildung aus Stärke ist auf Fig. 1 abgebildet, wo ich zunächst nur auf die gestrichelte Kurve zu achten bitte. 0,5 ccm Extrakt aus 0,2 g frischer Muskulatur spalten bei 20° in 3 Stunden 2 mg Stärke oder Glykogen, oder pro Gramm Muskelgewicht und Stunde 3,3 mg. Die stündliche Milchsäurebildung ist danach hier noch um ein Drittel größer als die spontane Milchsäurebildung des Muskelbreies, die bei 20° pro Gramm und Stunde etwa 2,4 mg beträgt.

Von besonderem Interesse ist aber der Mechanismus dieses Spaltungsvorganges, auf den ein erstes Licht fällt durch das Verhalten der einzelnen Kohlenhydrate gegenüber dem auf verschiedene Art hergestellten oder vorbehandelten Extrakt. Die Kohlenhydrate bilden 4 Gruppen, je nach der Leichtigkeit, mit der sie in Milchsäure gespalten werden bzw. nach der Stabilität des Ferments in bezug auf ihre Spaltung. In die erste rechnen diejenigen, die auf keine Weise spaltbar sind, z. B. Rohrzucker oder Galaktose; in die zweite diejenigen, die nur von gewissen Extrakten, insbesondere aus Kaninchenmuskulatur, oder nach besonderer Aktivierung der Extrakte spaltbar sind, worauf wir noch genauer eingehen werden. Hierzu gehören die drei gärfähigen Hexosen: Glucose, Fructose, Mannose. Dann folgen diejenigen, die von geeignet hergestellter Fermentlösung für einige Stunden mit nahezu konstanter Geschwindigkeit zerlegt werden: Glykogen, Stärke, deren Bestandteile Amylopectin, Amylose und die Grundkörper des Glykogens und der Stärke Trihexosan (PICTET, PRINGSHEIM) und Dihexosan [PRINGSHEIM (3)]. In die 4. Gruppe rechnen die Kohlenhydrate, die noch von Extrakt spaltbar

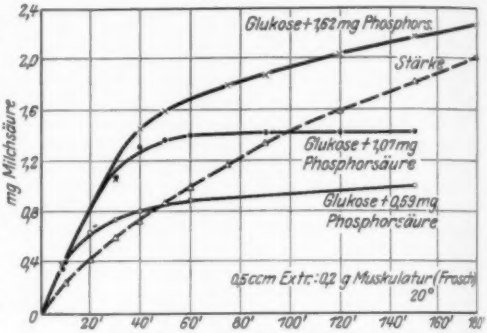



Fig. 1. Verlauf der Milchsäurebildung im Muskelextrakt.

Milchsäurebildung durch 0,5 ccm Extrakt entsprechend 0,2 g Froschmuskeln bei 20° ($p_H$ 7,2). Gesamtvolumen 1,05 ccm. △ - - - - △ 0,4% Stärke. Die ausgezogenen Kurven: Glucose und wechselnde Mengen Phosphat. Zusatz von Hefeaktivator. Abszisse: Zeit in Minuten, Ordinate: Milligramm Milchsäure.

sind, der durch längeres Stehen oder durch vorübergehendes Erwärmen auf 37° (bei Froschmuskelextrakt) den Polysacchariden gegenüber wirkungslos gemacht ist. In diese Gruppe rechnet die Hexosediphosphorsäure der Gärung. Diese wird auch noch von Extrakt gespalten, der seines Koferments durch Dialyse beraubt ist. In erster Annäherung kann man daraus folgern, daß, entsprechend der Vorstellung EMBDENS, die Hexosediphosphorsäure der Gärung das letzte Zwischenprodukt des Zerfalls ist. Tatsächlich ist der Vorgang etwas komplizierter, wie schon aus dem Umstand folgt, daß, wenn die Spaltung der Hexosediphosphorsäure in der Fermentlösung zum Stillstand gekommen ist bei nur teilweisem Verbrauch des Esters, Zusatz von Stärke oder Glykogen eine neue erhebliche Milchsäurebildung entfacht.

Durch gleichzeitige Bestimmung der Milchsäurebildung und des Umsatzes des anorganischen

Phosphats ergibt sich, daß unmittelbar nach dem Zusatz des Glykogens oder der Stärke eine Veresterung einsetzt, gelegentlich schon etwas eher, als Milchsäure dabei entsteht, und daß weiterhin in langsam abnehmendem Maße die Veresterung fortschreitet (Fig. 2). Es häuft sich dabei Hexosediphosphat an. Dieses Hexosediphosphat ist nichts anderes als das Stabilisierungsprodukt eines labilen Esters, der selbst im Status nascens die Intermediärverbindung des Zerfalls ist. Da in frischem Extrakt die Veresterungsgeschwindigkeit erheblich größer als die Spaltungsgeschwindigkeit ist, kommt es zunächst zur Anhäufung der stabilen Hexosediphosphorsäure. Diese kann aber selbst, wenn auch weniger glatt und langsamer als

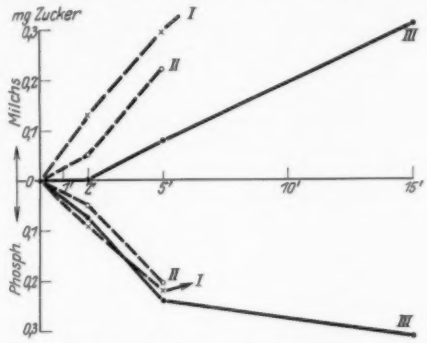



Fig. 2. Milchsäurebildung und Phosphatveresterung aus Glykogen oder Stärke in den ersten Minuten nach Zusatz des Kohlenhydrats.

Auf der Ordinate ist die Milchsäurebildung nach oben, die Phosphatveresterung in gleichem Maß nach unten eingetragen (in Milligramm umgesetzten Zuckers). Die gleich markierten, mit derselben Nummer versehenen Kurven gehören zu je einem Versuch. Je 3 ccm Extrakt.

der aktive Ester, in Phosphat und Milchsäure zerfallen. Bringt man einen Froschmuskelextrakt, der etwa 2 Stunden lang aus Stärke Milchsäure gebildet und Ester synthetisiert hat, auf 37° und hebt dadurch sein Veresterungsvermögen auf, so wird diese angehäufte stabile Hexosediphosphorsäure langsam in äquimolekulare Mengen Milchsäure und Phosphat aufgespalten. (Bei noch weiterer Schädigung des Enzymkomplexes wird aus dem Hexosephosphat anorganisches Phosphat ohne gleichzeitige Milchsäurebildung frei.)

Der quantitative Zusammenhang zwischen Veresterung und Milchsäurebildung wird deutlich bei der Glykolyse der drei gärfähigen Hexosen Glucose, Fructose und Mannose. Ihre Reaktionsfähigkeit ist, wie schon gesagt, an sich gering und tritt spontan nur bei speziell hergestellten ganz frischen Extrakten in Erscheinung. Ganz anders aber, wenn man zu dem Zucker-Fermentgemisch einen Aktivator hinzufügt, den man durch wiederholte Fällung von Hefeautolysat mit 50proz. Alkohol gewinnt[1]). In Gegenwart einer Spur dieses Aktivators setzt im Muskelextrakt bei Zugabe von Traubenzucker eine äußerst rasche Milchsäurebildung ein, und gleichzeitig wird in wenigen Minuten das ganze vorhandene anorganische Phosphat verestert. Während die Estermenge zunimmt, ist die Geschwindigkeit der Milchsäurebildung hoch und sinkt in dem Moment, wo alles anorganische Phosphat verbraucht ist, rasch auf einen konstanten niedrigen Wert. Sie sehen in den ausgezogenen Kurven von Fig. 1 den Verlauf der Milchsäurebildung in Gegenwart von Glucose mit verschiedenen Mengen Phosphat. Die Anfangsgeschwindigkeit der Glykolyse ist erheblich größer als mit Glykogen, fällt aber, je nach der vorhandenen Phosphatmenge, rasch ab. Der Moment des Abfalls fällt mit dem Totalverbrauch des Phosphats zusammen, und nunmehr bleibt, solange noch Überschuß von Zucker da ist, der Gehalt an anorganischem Phosphat nahezu 0, steigt aber langsam wieder an, wenn aller Zucker verbraucht ist, da jetzt die Spaltung der stabilen Hexosediphosphorsäure in Erscheinung tritt. Dabei bildet sich während der raschen Zerfallsperiode immer für 1 Molekül Zucker, das in Milchsäure zerfällt, gerade 1 Molekül stabile Hexosediphosphorsäure. Wir folgern daraus, daß 2 Moleküle Zucker 2 labile Estermoleküle bilden, von denen sich eins stabilisiert, während das andere zerfällt.

Eine instruktive Kurve sehen Sie auf Fig. 3. Die Milchsäurebildung in Milligramm ist nach oben aufgetragen, die Phosphatveresterung in äquivalentem Maße (d. h. in Milligramm verestertem Zucker) nach unten. In 30 Minuten ist hier alles vorhandene anorganische Phosphat verestert und gerade auch der ganze zugegebene Zucker, nämlich 2 mg, teils durch Milchsäurebildung, teils durch Veresterung verbraucht. Von diesem Moment an nimmt der Gehalt an anorganischem Phosphat wieder langsam zu, genau proportional mit der fortschreitenden Milchsäurebildung in dieser zweiten Periode. Diese geschieht also hier nur noch durch Aufspaltung des Hexosediphosphats in äquimolekulare Mengen Phosphat und Milchsäure. Den gleichen Versuch, umgezeichnet, sehen Sie in der ausgezogenen Kurve auf Fig. 4. Unten ist wieder der Verlauf der Phosphatveresterung, nach oben aber ist die *Geschwindigkeit* der Milchsäurebildung aufgetragen (Milligramm Milchsäure pro 15 Minuten). Die Geschwindigkeit sinkt in dem Moment, wo das anorganische Phosphat verbraucht ist. Gleichzeitig ist gestrichelt noch ein zweiter Versuch mit dem gleichen Extrakt dargestellt, der mit kleinerer Phosphatmenge ausgeführt ist. Die Geschwindigkeit, die anfangs gleich der anderen ist, sinkt hier früher, nämlich ebenfalls in dem Moment, wo das anorganische Phosphat verbraucht ist, dessen Menge nunmehr, solange ein Überschuß von Zucker vorhanden ist, wegen so-

[1]) Dieser Aktivator ist durch Insulin oder Hefeglucokinin (Collip) nicht zu ersetzen; das Insulin ist auf den ganzen Vorgang ohne Einfluß.

fortiger Wiederveresterung des beim Esterzerfall in Freiheit gesetzten Phosphats nahezu o bleibt.

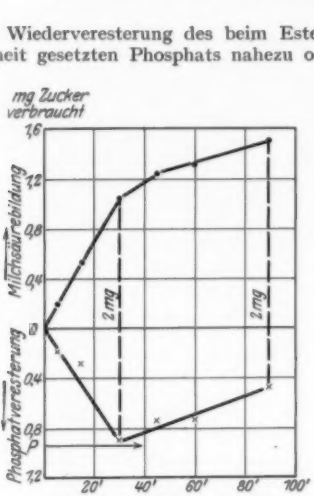



Fig. 3. Umsatz von 2 mg Glucose durch aktivierten Muskelextrakt.

Auf der Ordinate ist die Milchsäurebildung in Milligramm verbrauchten Zucker pro Kubikzentimeter nach oben, die Phosphatveresterung in gleichem Maß nach unten eingetragen. Der horizontale Pfeil bei *P* gibt die von vornherein vorhandene Menge anorganischen Phosphats an. Die gestrichelte Senkrechte, die den Abstand der unteren und oberen Kurve ab 30 Minuten bezeichnet, entspricht 2 mg Zucker, d. h. der zum Extrakt zugesetzten Menge.

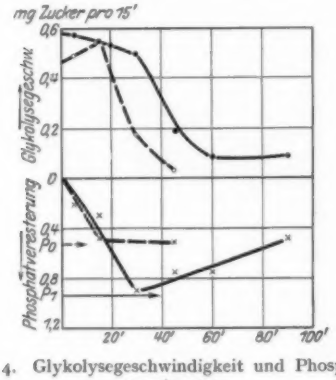



Fig. 4. Glykolysegeschwindigkeit und Phosphatveresterung.

Die ausgezogenen Kurven •—• ×—× mit Phosphatzusatz (1,0 mg $H_3PO_4$). entsprechen Fig. 3; die gestrichelten o - - o × - - - ×: Versuch ohne Phosphatzusatz (0,555 mg Phosphorsäure präformiert.). Auf der Ordinate ist nach oben die Geschwindigkeit der Glykolyse (Milligramm Milchsäure pro 15 Minuten) eingetragen, nach unten der Verlauf der Phosphatveresterung (in Milligramm Zucker). Die horizontalen Pfeile $P_0$ und $P_1$ bezeichnen die von vornherein vorhandene Menge Phosphat in beiden Versuchen. Volumen je 1 ccm.

Da in der raschen Zerfallsperiode pro 1 Molekül glykolysierenden Zuckers 1 Molekül stabile Hexosediphosphorsäure entsteht, ist bei Zuckerüberschuß die Milchsäurebildung in diesem Abschnitt gerade äquivalent dem Phosphorsäuregehalt. Man kann daher, wenn die Geschwindigkeit abgesunken ist, durch neue Zugabe von Phosphat einen Wiederanstieg hervorrufen, wobei wiederum die Milchsäuremenge dieser Periode dem zugegebenen Phosphat äquivalent ist. Sie sehen das auf Fig. 5, wo die obere Kurve den Glykolyseverlauf mit Phosphat entsprechend 1,27 mg Zucker[1]) in 1 ccm, die untere in Gegenwart von 0,88 mg darstellt. Bei dem 3. Versuch, in dem ebenfalls zunächst 0,88 mg Zuckeräquivalent Phosphat enthalten war, ist nach 20 Minuten noch 0,45 mg zugeben, so daß die Menge Phosphat dem der oberen Kurve ungefähr gleich wird. Nunmehr kommt es zu einem wenn auch weniger steilen Anstieg bis zur Höhe der ersten Kurve. Dabei reagiert in der raschen Zerfallsperiode Fructose stets doppelt so schnell als Glucose, wie auf Fig. 6 dargestellt ist. Die Geschwindigkeit der Milchsäurebildung ist im Fall der Fructose gut das Zehnfache der spontanen Milchsäurebildungsgeschwindigkeit in der zerschnittenen Muskulatur, auf gleiche Muskelmenge bezogen.

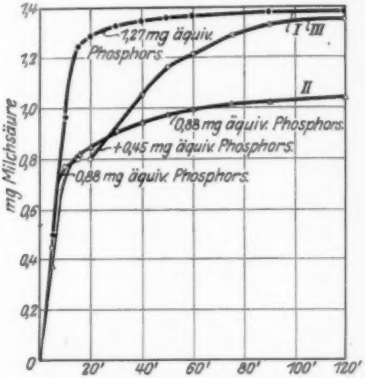



Fig. 5. Einfluß der Phosphatmenge auf die Milchsäureausbeute aus Glucose.

Kurve I: 1,27 mg Zuckeräquivalente Phosphat. (1,09 mg $H_3PO_4$ äquivalent 1 mg Zucker); Kurve II: 0,88 mg Zuckeräquivalente. Kurve III: Zuerst 0,88 mg, nach 20 Minuten noch 0,45 mg Zuckeräquivalente Phosphat hinzugegeben (zwischen 15 und 20 Minuten ist die Glykolyse in Versuch III nicht bestimmt). Flüssigkeitsmenge 0,85 ccm mit 0,45 Extrakt.

Suchen wir nach einer quantitativen Formulierung des geschilderten Zusammenhangs, so ist zu fragen, ob der labile Ester in Status nascens selbst eine Hexosediphosphorsäure ist oder viel-

[1]) 1 mg Zucker bzw. Milchsäure entspricht 1,09 mg $H_3PO_4$.

leicht eine Hexosemonophosphorsäure[1]). Versuche aus allerjüngster Zeit legen diese letzte Möglichkeit nahe. Spaltet man nämlich nach dem Verfahren von NEUBERG (4a) aus der Hexosediphosphorsäure das an der reduzierenden C-Gruppe sitzende Phosphorsäuremolekül mittels Säurehydrolyse ab, so zeigt sich, daß die so entstandene Fructosemonophosphorsäure, obgleich chemisch stabiler, dem glykolytischen Ferment des Muskels gegenüber unbeständiger geworden ist und mit einer ähnlichen Geschwindigkeit in Milchsäure zerfällt, wie die Hexosen in der Phosphatperiode, aber schon ohne Zusatz von Hefeaktivator. Bei diesem raschen Zerfall in Milchsäure kommt es nicht, wie man denken könnte, zu gleichzeitiger Abspaltung von Phosphorsäure, sondern im Gegenteil zu einem mehr oder weniger starken Schwund von anorganischem Phosphat, häufig bis auf die

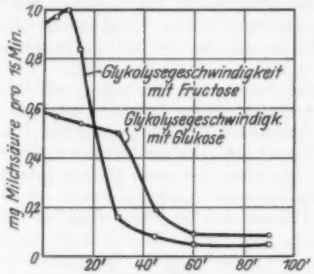



Fig. 6. Glykolysegeschwindigkeit mit Fructose und Glucose.

□—□: Fructose •—•: Glucose. Ordinate: Milligramm Milchsäure pro 15 Minuten in 1 ccm Lösung mit 0,5 ccm Extrakt. Die Kurven sind mit demselben Extrakt und gleichem Phosphatgehalt gewonnen.

letzten Spuren. Ein Teil des Esters wandelt sich in Hexosediphosphorsäure um, während ein anderer Teil rasch zerfällt. Ist der ganze Ester, soweit er nicht schon zerfallen ist, in Hexosediphosphorsäure übergegangen, so zerfällt diese nunmehr so langsam wie sonst im stabilen Zustand. Ob in der raschen Periode mehr Moleküle Hexosemonophosphorsäure in Hexosediphosphorsäure übergehen, als gleichzeitig zerfallen — und zwar auf Kosten des anorganischen Phosphats der Lösung — oder aber nur geradesoviel, indem für jedes aufgespaltene Molekül ein zweites als Acceptor der hierbei frei kommenden Phosphorsäure figuriert, hängt von vorläufig noch nicht übersehbaren Bedingungen ab. Bei geeigneter Wahl der Konzentration läßt sich der zweite Fall verwirklichen: die Menge des anorganischen Phosphats bleibt bei raschem Zerfall der Hexosemonophosphorsäure annähernd unverändert und steigt erst bei dem anschließenden allmählichen Zerfall der Hexosediphosphorsäure. Es ist verlockend, anzunehmen, daß dieser Verlauf dem Zerfall der Hexosen in aktiviertem Muskelextrakt entspricht, indem die bei der Esterspaltung freiwerdende Phosphorsäure leichter mit einem zweiten Molekül Hexosemonophosphat reagieren kann, als die schon in der Lösung vorhandene anorganische Phosphorsäure.

In vorläufig hypothetischer Weise formulieren wir daher den Vorgang der glykolytischen Spaltung des Zuckers wie folgt:

$$2\,C_6H_{12}O_6 + 2\,H_2PO_4 =$$
$$2\,C_6H_{11}O_5\,(H_2PO_4)^* \text{ (*aktiv)} + 2\,H_2O =$$
$$2\,C_3H_6O_3 + C_6H_{10}O_4\,(H_2PO_4)_2 + 2\,H_2O$$

Übrigens gehört die Hexosemonophosphorsäure, abgesehen von der Raschheit ihres Zerfalls, in die dritte der eingangs genannten Kohlenhydratgruppen: der geschilderte Zerfall mit gleichzeitiger Umlagerung in die Hexosediphosphorsäure geht nicht mehr in Abwesenheit von Koferment oder in vorher auf 37° erwärmtem Extrakt. Mag man hieraus Bedenken gegen die obige Formulierung herleiten und die Annahme einer aktiven Modifikation der Hexosediphosphorsäure als Intermediärprodukt bevorzugen; unzweifelhaft reagiert der ganze zerfallende Zucker intermediär zur Bildung eines labilen Phosphorsäureesters, der sich dann zur Hälfte in Gestalt der HARDEN-YOUNGschen Säure stabilisiert.

Die beiden geschilderten Phasen der Glykolyse, die rasche während der Veresterung, und die langsame während der Wiederaufspaltung des stabilen Esters, stimmen ganz genau mit den beiden Phasen der alkoholischen Gärung im Hefeextrakt überein. Diese Erkenntnis aber macht eine Neuformulierung der bekannten HARDEN-YOUNGschen Gärungsgleichungen notwendig (5) (s. Formelbild).

*Harden-Youngsche Gärungsgleichungen.*

*Phase 1, rasch*
2 Glucose + 2 Phosphat = 2 Kohlensäure + 2 Alkohol + 2 Wasser + 1 Hexosediphosphat.

*Phase 2, langsam*
1 Hexosediphosphat + 2 Wasser = 1 Fructose + 2 Phosphat.

[1]) Der folgende Absatz über die Hexosemonophosphorsäure war in dem in Stockholm gehaltenen Vortrag noch nicht enthalten. In diesem war stillschweigend angenommen, daß der Ester im Status nascens eine Hexosediphosphorsäure sei. In einer Diskussionsbemerkung teilte EMBDEN mit, daß nach neueren Befunden von ihm das aus der Muskulatur isolierte „Lactacidogen" eine Hexosemonophosphorsäure wäre und fragte an, ob der hier nachgewiesene labile Ester nicht ebenfalls eine solche sein könnte. Dies erschien zwar nach den Ergebnissen der Zucker-, Milchsäure- und Phosphatbilanz, die den obigen Ausführungen zugrunde liegen, zunächst nicht wahrscheinlich, aber auch nicht durch sie widerlegt, da diese Bilanzen bereits einem stabilisierten Zustand entsprechen. Es wurde daher versucht, durch Studium des Verhaltens der Hexosemonophosphorsäuren die Frage zur Entscheidung zu bringen, was zu dem oben wiedergegebenen vorläufigen Resultat führte, das durch das Verhalten des Monoesters bei der alkoholischen Gärung bestätigt wurde.

*Modifizierte Gärungsgleichungen.*

*Phase 1, rasch*

A. 2 Glucose + 2 Phosphat = 2 Hexosemonophosphat* (*aktiv) + 2 Wasser.

B. 2 Hexosemonophosphat aktiv* + 2 Wasser = 2 Kohlensäure + 2 Alkohol + 2 Phosphat + 1 Hexosediphosphat stabil + 2 Wasser.

*Phase 2, langsam, kofermentfrei.*

1 Hexosediphosphat stabil + 2 Wasser = 2 Kohlensäure + 2 Alkohol + 2 Phosphat.

Nach diesen Autoren sollte nämlich 1 Molekül Zucker direkt in Alkohol und Kohlensäure zerfallen, während ein zweites sich mit Phosphorsäure verestert. Nach Veresterung des Phosphats sollte die Gärungsgeschwindigkeit durch die Hydrolyse der Hexosediphosphorsäure bestimmt sein, die selbst ohne Koferment geschehen kann. Der bei der Hydrolyse freiwerdende Zucker sollte dann von neuem nach der ersten Gleichung in Reaktion treten und vergären. Die Analogie zu dem Mechanismus der Glykolyse und das direkte Studium der Kinetik der alkoholischen Gärung führen zu einer Änderung der Gleichungen, wie sie unten auf der Formeltafel aufgeschrieben sind. In der ersten Phase werden beide Zuckermoleküle zu aktiven (mono) Phosphorsäureestern synthetisiert. Das eine Estermolekül zerfällt im Status nascens, während das andere sich in Hexosediphosphorsäure stabilisiert. Auch hier nehmen wir hypothetisch die intermediäre Bildung einer Hexosemonophosphorsäure an, da die NEUBERGsche Fructosemonophosphorsäure sich bei der alkoholischen Gärung im Hefeextrakt ganz gleich wie bei der Glykolyse im Muskelextrakt verhält und diese Annahme eine rationelle Deutung der HARDEN-YOUNGschen Gärungsformeln gestattet[1]). In der zweiten Gärungsphase kann jetzt die stabile Hexosediphosphorsäure langsam, aber direkt vergoren werden. In der Tat kann die Vergärung der Hexosediphosphorsäure in dieser Periode, wie ich finde, auch in ganz kofermentarmer Lösung geschehen, was nach der hier vorgetragenen Theorie einleuchtet, nach der HARDEN-YOUNGschen Auffassung aber unmöglich wäre, da das Koferment der Gärung für die Phosphorylierung des Zuckers unentbehrlich ist. (Daneben findet in ähnlicher Weise wie in den späteren Stadien der Spaltung im Muskelextrakt auch alleinige Abspaltung von Phosphat aus dem Ester, also eine Hydrolyse statt, ein Umstand, der offenbar die englischen Autoren die direkte kofermentfreie Vergärbarkeit der Hexosediphosphorsäure übersehen ließ.)

Wir sehen daher, daß der Mechanismus der Phosphatveresterung bei der alkoholischen Gärung und der Glykolyse in den zellfreien Extrakten von Hefe und Muskeln vollständig übereinstimmt und das gemeinsame Koferment von Hefe und Muskulatur, das von mir früher beschrieben ist (6), an genau dem gleichen Vorgang, nämlich der Bildung und dem Umsatz des aktiven Phosphorsäureesters, beteiligt ist. Die Verwandtschaft zwischen der anaeroben Spaltung des Zuckers bei der Glykolyse im Muskel und bei der alkoholischen Gärung der Hefe ist demnach noch enger als bisher vermutet wurde, und vor allem die Rolle der Hexosephosphorsäure, die bei der Gärung bisher ganz unklar war, in beiden Fällen genau die gleiche[1]).

Bei der Spaltung des *Glykogens* durch den Muskelextrakt ist derselbe Zusammenhang zwischen Milchsäurebildung und Esteranhäufung nur in den ersten Minuten erkennbar (Fig. 2). Im stationären Zustand entsteht hier wegen des Sinkens der Veresterungsgeschwindigkeit immer weniger labiler Ester, so daß die Anhäufung des Stabilisierungsproduktes zum Stillstand kommt. Die ursprüngliche Verkettung dieser Vorgänge ist aber hierbei zweifellos dieselbe wie bei der Spaltung der Hexosen durch aktivierten Muskelextrakt.

Weniger sicher läßt sich sagen, wie die Vorgänge in der lebenden Zelle, Muskel und Hefe, sich abspielen, da durch das Eingreifen der Struktur der Reaktionsverlauf geändert werden kann. Vielleicht zerfällt hier stets der *ganze* jeweils gebildete Ester in Status nascens. Auch die Frage, ob die geschilderten Phasen des Zuckerzerfalls in bestimmter Beziehung zur Muskelkontraktion stehen, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten werden.

*Literatur.*

1. EMBDEN, G., F. KALBERLAH und H. ENGEL, Biochem Zeitschr. **45**, 45. 1912.
2. O. MEYERHOF, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **188**, 114. 1921.
3. F. LAQUER, Zeitschr. f. physiol. Chem. **122**, 26. 1922.
4. H. PRINGSHEIM, Ber. d. dtsch. chem. Ges. **57**, 1581. 1924; Naturwissenschaften **13**, 1084. 1925.
4a. C. NEUBERG, Biochem. Zeitschr. **88**, 432. 1918.
5. A. HARDEN und W. J. YOUNG, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **82**, 321. 1910; A. HARDEN, Alcoholic Fermentation. Monographs of Biochemistry. London 1914. 2. Aufl. 1914.
6. O. MEYERHOF, Zeitschr. f. physiol. Chem. **101**, 165. 1918; **102**, 1. 1918.
7. A. J. KLUYVER und A. P. STRUYK, Proc. of the roy. acad. Amsterdam **29**, Nr. 3. 1926; vgl. auch Naturwissenschaften **14**, 882. 1926.

[1]) Dasselbe Verhalten zeigt auch die ROBISONsche Hexosemonophosphorsäure.

[1]) Andere Vorschläge auf Grund von rein theoretischen Überlegungen, die HARDEN-YOUNGschen Gleichungen so umzuformen, daß ein Phosphorsäureester zum *Intermediärprodukt* der alkoholischen Zuckerspaltung wird, rühren von EULER, Chemie der Enzyme I, 3. Aufl., S. 336. 1925; von RAYMOND, Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) **11**, 622. 1925, sowie von KLUYVER und STRUYK (7) her. Alle genannten nehmen eine Triosemonophosphorsäure dafür an. Doch stützt sich besonders die Theorie der letztgenannten holländischen Autoren auf keinerlei Versuche.

## Photochemische Versuche über Atmung.

OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.)

Wie vor kurzem in dieser Wochenschrift mitgeteilt, wird die Atmung der Hefe durch Kohlenoxyd reversibel gehemmt. Die Atmungs-Hemmung geht zurück, wenn man belichtet. So kann man durch Belichten und Verdunkeln Atmung entstehen lassen und zum Verschwinden bringen.

Da Schwermetallverbindungen mit Kohlenoxyd bei niedriger Temperatur reagieren, so ist die Kohlenoxydwirkung auf Grund der Schwermetalltheorie der Atmung verständlich. Da ferner Eisen-Kohlenoxydverbindungen bei Belichtung dissoziieren, so erklärt die Schwermetalltheorie auch die Wirkung des Lichts: das Kohlenoxyd wird von dem Eisen des Atmungsferments im Dunkeln gebunden, im Hellen wieder abgespalten.

Ich habe mich mit der Frage beschäftigt, welche Wellenlängen hier wirksam sind. Dünne Hefe-Suspensionen (die nur sehr wenig Licht absorbieren) wurden in blaues, gelbes, grünes und rotes Licht gebracht, dessen Intensität bolometrisch gemessen und etwa gleich $7 \times 10^{-5}$ cal/qcm Sek war. Blau, grün und gelb wurden aus der Strahlung einer Quecksilberdampflampe, rot aus der Strahlung einer Metallfadenlampe isoliert. Die photochemischen Wirkungen wurden in Perioden von 5 Minuten manometrisch gemessen und waren:

| Wellenlängen in $\mu\mu$ | Photochemische Wirkungen (in willkürlichen Einheiten) |
|---|---|
| 436 | 3 |
| 546 | 1 |
| 578 | 1 |
| 700—750 | 0 |

Blau, grün und gelb waren also wirksam, rot zwischen 700 und 750 $\mu\mu$ war unwirksam. Es folgt daraus, daß das Atmungsferment, in seiner Verbindung mit Kohlenoxyd, im sichtbaren Gebiet absorbiert. Nehmen wir ferner an, daß die spezifischen photochemischen Wirkungen gemäß dem EINSTEINschen Gesetz sich wie die Wellenlängen verhalten, so folgt weiterhin, daß das Atmungsferment, in seiner Verbindung mit Kohlenoxyd, Blau stärker absorbiert als Grün und Gelb.

---

## Untersuchungen über den Einfluß erhöhten Sauerstoffdruckes auf Mäusecarcinom in vivo.

Von A. FISCHER, E. BUCH ANDERSEN und FR. DEMUTH, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Gastabteilung Dr. A. FISCHER, Kopenhagen.)

Einige von uns haben gezeigt[1]), daß sich normale und bösartige Zellen in vitro gegenüber Sauerstoffüberdruck verschieden verhalten: Bösartige Zellen gehen bei einem niedrigeren Druck, resp. bei gleichbleibendem Druck in kürzerer Zeit zugrunde als normale. Wir haben versucht, diese Experimente auf den lebenden Organismus zu übertragen, und zunächst den Einfluß von Sauerstoffüberdruck auf Mäusecarcinome studiert.

Da die aus den Kulturversuchen sich als notwendig erweisenden Drucksteigerungen oder Zeiten vom Tier schlecht vertragen werden, gingen wir von vornherein darauf aus, die Sauerstoffwirkung durch Stoffe zu unterstützen, die als Katalysatoren in Frage kommen könnten oder den Tumor sonst angreifen und wahrscheinlich eine besondere Affinität zum Tumorgewebe besitzen (zunächst Kupfer- und Selenverbindungen).

Aus unseren Versuchen, die sich erst über $4^1/_2$ Monate erstrecken und an rund 500 Mäusen vorgenommen wurden, läßt sich bisher folgendes sagen. Es gelingt bei einer Reihe von Tieren, die mit Kupfer- oder Selenpräparaten vorbehandelt sind und in praktisch reinem Sauerstoff 18 bis 24 Stunden unter einem Druck von 1,6—2,0 Atmosphären gehalten worden sind, die Carcinome zum vollständigen Verschwinden zu bringen. Bei einigen Tieren erweichen und vereitern die Tumoren, und zwar so stürmisch, daß Eiter nicht selten schon während der etwa 20-stündigen Behandlung oder noch am folgenden Tage durch die intakte Haut weit entfernt von der Impfstelle durchbricht. Dieses Phänomen wurde niemals bei Mäusen beobachtet, die mit Sauerstoff *allein* oder Medikamenten *allein* behandelt waren; demgegenüber haben wir noch nie einen der überimpften Tumoren spontan zurückgehen sehen. Bei einigen Tieren ist mit dem Eiterdurchbruch eine restlose Heilung erreicht.

Bei anderen Tieren, bei denen eben nicht sämtliche Zellen getötet sind, entwickeln sich neue Tumoren. Wieder bei anderen Tieren gehen die Tumoren einige Tage nach der Behandlung zurück und verschwinden vollkommen, ohne daß es zu einem Durchbruch kommt. Die Bedingungen einer sicheren Heilung sind bisher noch nicht gefunden. Alle mit Sauerstoff und Medikamenten behandelten Tumoren, die nicht nekrotisieren, bleiben wenigstens gegenüber Kontrollen im Wachstum deutlich zurück.

[1]) A. FISCHER und E. BUCH ANDERSEN, Über das Wachstum von normalen und bösartigen Gewebezellen unter erhöhtem Sauerstoffdruck. Zeitschr. f. Krebsforsch. **23**, H. 1, S. 12. 1926.

# Zur Biochemie des Tabaks.

Von C. NEUBERG und M. KOBEL, Berlin-Dahlem.
(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie.)

Über die Vorgänge, die sich am Tabakblatt abspielen, wenn es nach der Erntung in den gebrauchstüchtigen Zustand übergeht, herrschen zahlreiche Unklarheiten. Sie beruhen zum Teil auf einem unvollkommenen Einblick in die Zusammensetzung des Tabaks, besonders hinsichtlich seiner organischen Bestandteile, zum Teil darauf, daß die stattfindenden Umwandlungsprozesse kompliziert und in ihrem Mechanismus bislang ungenügend erforscht sind. Zwei grundsätzlich verschiedene Anschauungen stehen einander gegenüber. Nach der einen sind es vornehmlich rein chemische Veränderungen, die das frische Tabakblatt genußfähig machen, nach der anderen handelt es sich hauptsächlich um Wirkungen von Mikroorganismen. Es ist keine Einigkeit darüber vorhanden, was bei den wie auch immer gearteten Umformungen des frischen Tabakblattes durch die technischen Maßnahmen geändert wird, und welche Faktoren in erster Linie die Überführung des zersetzlichen grünen Blattes in das verwendungsbereite Enderzeugnis bedingen. Man gewinnt den Eindruck, daß die bekannten Lehrbücher der Tabakkunde (v. BABO-HOFFMANN, KISSLING, WITTE) größeren Wert auf Umwandlung von präformierten Eiweißkörpern legen.

Es schien uns nun nach den vorhandenen, allerdings recht widerspruchsvollen Angaben über die Vorgänge bei der sog. Tabakfermentation, als ob bisher das Schicksal der Zuckerarten im Tabakblatt zu wenig Beachtung gefunden habe. Wohl ist durch die Pionierarbeiten von J. BEHRENS die enzymatische Spaltung eines Glucosids festgestellt, wohl ist das Vorkommen von Hefe unter der Mikroorganismenflora angegeben, die auf dem Tabakblatt gedeiht, wohl ist für die Tabakpflanze das Vorhandensein von saccharifizierenden Fermenten beschrieben. Aber noch heute ist nicht sicher entschieden, ob diese Faktoren eigentlich von Belang sind, und ob gegebenenfalls die dem Tabakblatt immanenten Enzyme oder die angesiedelten Kleinlebewesen den größeren Anteil an den eintretenden Veränderungen haben.

Die Analyse des Tabakblattes lehrt nun, daß die Kohlenhydrate im Vergleich mit dem Proteingehalt einen erheblichen Teil der Trockensubstanz frischer Tabakblätter ausmachen. Gemäß den Erfahrungen, daß bei vielen Gärungsprozessen die ubiquitären zuckerzerlegenden Pilze und Bakterien eine bedeutsame Rolle spielen, haben wir uns zunächst der Frage zugewendet, ob eine der am frischen Blatt einsetzenden Veränderungen überhaupt mit den Vorgängen jener Zuckerspaltungen in eine Beziehung gebracht werden darf.

Die erste Phase der Tabakzubereitung besteht darin, daß die Blätter einer langsamen Trocknung bei Zimmertemperatur unterworfen werden. Hierbei verdunstet allmählich die Hauptmenge des Wassers; aber es ist klar, daß Bakterien und Pilze Zeit genug haben, vorhandene oder durch Blattenzyme freigelegte Kohlenhydrate anzugreifen. Mit Hilfe des *Abfangverfahrens* haben wir nachgewiesen, daß schon innerhalb 24 Stunden ein Prozeß beginnt, der den alkoholischen Gärungen und manchen anderen Zuckerspaltungen insofern nahesteht, als es zu einer wesentlichen Anhäufung von *Acetaldehyd* kommt. (Übrigens beobachteten wir, daß Spuren dieser Substanz im gerade gepflückten Tabakblatt vorgebildet sein können.)

Die Quellen des vergärenden Zuckers sind nicht allein im frischen Material vorhandene einfache Kohlenhydrate; das hauptsächliche Substrat bilden Polysaccharide. Wir konnten feststellen, daß in zerkleinerten Tabakblättern so reichliche Mengen von *Saccharase* und *Amylase* enthalten sind, daß 100 g eigens zugefügten Rohrzuckers bzw. 20 g hinzugegebener Stärke innerhalb 3 Tagen von 200 g Blätterbrei, die 34 g Trockensubstanz entsprechen, quantitativ hydrolysiert wurden. Auch Agenzien, denen man für den Abbau der Monosaccharide eine wesentliche Aufgabe zuschreibt, wie *Hexose-di-phosphatase* und *Ketonaldehydmutase*, haben wir angetroffen. Im frischen Tabakblatt ist das zymophosphatspaltende Ferment in erheblicher Menge oder kräftiger Form zugegen: 200 g desselben Blätterbreis zerlegen 5 g Substrat in 0,5proz. Lösung binnen 2 Tagen praktisch vollständig. (Nebenbei sei bemerkt, daß Spuren organischer Phosphorsäure-Verbindungen, die enzymatisch hydrolysierbar sind, im Tabakblatt des öfteren präformiert vorkommen.) Die auf den Abbauwegen des Zuckers tätige Ketonaldehydmutase sahen wir wirksam sowohl gegenüber dem Methylglyoxal als dem Phenylglyoxal; aus letzterem ging *linksdrehende Mandelsäure von nahezu vollständiger optischer Reinheit* hervor.

Es bleibt natürlich bei allen diesen Vorgängen am Tabakblatt zunächst dahingestellt, inwieweit es sich um eine kombinierte Wirkung von Blattfermenten und Enzymen der Kleinlebewesen handelt. Immerhin wollen wir hervorheben, daß wir auch schon im *Tabaksamen*, also bei geringfügigem Mikroorganismengehalt, die für den Zukkerabbau in Betracht gezogenen Enzyme Hexose-di-phosphatase und Ketonaldehydmutase nachzuweisen vermochten.

Einen weiteren Befund, den wir erhoben haben, müssen wir auf Spaltungsvorgänge zurückführen, die während der eigentlichen Tabakfermentation durch Kleinlebewesen eingeleitet werden. Nach vollendeter Trocknung, nach Erlangung der sog. Dachreife, bei der die Blätter nur noch durchschnittlich 12—15% Wasser enthalten, werden dieselben bei dem in Deutschland und auch in anderen Ländern geübten Verfahren zu großen Haufen geschichtet. In diesen tritt Selbsterwär-

mung ein, die sich bis auf 50° steigert und reguliert werden muß; dabei erfolgen dann in bezug auf Farbe, Aroma und Konsistenz Veränderungen, die das unfermentierte Blatt vom gebrauchsfertigen unterscheiden. Nach — allerdings nicht ganz übereinstimmenden — Daten der Literatur soll regelmäßig hierbei der Gehalt an Nicotin nicht, der Gehalt an säureamidartig gebundenem Stickstoff (Protein → Aminosäurenderivaten) wenig verändert werden. Am Ende der Trocknung ist die Hauptmenge der Stärke — sie kann nach MÜLLER-THURGAU bis 43% von der Trockensubstanz des vollreifen Blatts ausmachen — nach voraufgegangener Einwirkung sei es der Blattfermente oder Bakterienenzyme verschwunden, und übriggeblieben sind im wesentlichen die schwer angreifbaren hochmolekularen Kohlenhydrate. Zu diesen gehören außer der Cellulose die kaum beachteten Pektinstoffe. Nach allgemeinen chemischen Erfahrungen müssen die letzteren labiler sein, und es schien uns deshalb eine notwendige Aufgabe, zu untersuchen, ob *Veränderungen am Pektin* stattfinden. Bereits im Jahre 1868 haben TH. SCHLOESING und L. GRANDEAU Analysen veröffentlicht, aus denen ein Auftreten von Pektinsäuren (acide pectique) im Tabak hervorgehen würde. Der Durchschnittswert für den Gehalt verschiedener Tabaksorten an Pektin, an dessen Anwesenheit allerdings J. KÖNIG zweifelt, ist nach den Zahlen der Literatur auf rund 10% zu veranschlagen; das käme der Hälfte der vorhandenen Holzsubstanz, also einem wesentlichen Teile des harten Gerüstmaterials im Tabakblatt gleich. Nach den Entdeckungen TH. V. FELLENBERGS sowie F. EHRLICHS, die an Pektin anderer Herkunft gemacht sind, ist als ein Pektinbaustein der Methylalkohol zu betrachten, der in esterartiger Form vorhanden ist. Daß tatsächlich die aus sehr früher Zeit stammenden Analysen betreffs eines Pektinvorkommens im Tabak das Richtige getroffen haben, geht nun daraus hervor, daß wir durch kurzdauernde Hydrolyse mit Natronlauge eine Verseifung des Pektinesters haben erzielen und dadurch den *Methylalkohol* haben in Freiheit setzen können. *Diese Menge Methylalkohol beträgt in frischen Blättern 0,7—0,9%*, berechnet auf Trockensubstanz.

Da Methylalkohol bisher nicht als Bestandteil der Tabakblätter isoliert war und sein Vorkommen hier als wichtig erscheint, so haben wir uns in umfangreichen Untersuchungen an 25 Sorten von ganz verschiedener Provenienz nicht nur von seinem regelmäßigen Vorhandensein durch Reaktionen und durch quantitative Analysen nach verschiedenen Methoden überzeugt, sondern auch die Darstellung des Holzgeistes in Substanz ausgeführt.

Auf Grund dieser Ermittlungen legten wir uns dann die Frage vor: bleibt der esterförmig gebundene Methylalkohol bei den Umsetzungen erhalten, die bei der Trocknung sowie späterhin bei der Fermentation ablaufen? Findet er sich also auch noch im vollen Umfange im rauchfähigen Produkt vor? Es ergab sich zunächst durch Untersuchungen in Deutschland geernteter stärkehaltiger Blätter, daß mit der Dachreife kein Schwund der so leicht und ergiebig Methylalkohol liefernden Substanz verknüpft *war; vielmehr stieg bei der Trocknung der prozentuale Methoxylgehalt der Trockensubstanz um rund 30% an*, weil diese infolge des Verlustes von Stärke und Zucker reicher an Pektin geworden war. *Nach der Fermentation war der Methylalkoholgehalt durchschnittlich auf 0,1%, also auf etwa den 7.—9. Teil des ursprünglichen Wertes frischer Blätter gesunken. Bezieht man diese Zahlen auf die wasserfreie Substanz unserer dachreifen Blätter, so beträgt der Methylalkoholgehalt nach der Vergärung nur noch $^1/_9$ bis $^1/_{12}$ des Anfangswertes.*

Solche Feststellungen haben wir getroffen für folgende Sorten: Hockenheimer Tabak (deutsches Erzeugnis) sowie für die von Übersee stammenden nachstehenden Marken: Sumatra I, II, Java I, II, Java-Kuba, Domingo I, II, Maryland, Kentucki, Brasil, Trapezunt, St. Felix.

Selbstverständlich haben wir nicht fertige Zigarren oder geschnittene Rauchtabake verwendet, sondern zur Schaffung durchsichtiger Verhältnisse die unverarbeiteten Blätter, wie sie in gebündeltem und gebrauchsfertigem Zustande importiert werden. Mit völliger Regelmäßigkeit trat dieses überraschende Resultat bei allen von uns geprüften 13 *dunkelfarbigen* Zigarren- und Pfeifentabaken zutage. Zwar hat es uns bislang an der Möglichkeit gefehlt, die exotischen Sorten in frischem Zustande auf ihren Ertrag an gebundenem Methylalkohol zu untersuchen. Aber die Arten, die in Deutschland angebaut und von uns herangezogen sind, stammen von Gewächsen ab, die in den zuvor gekennzeichneten fremden Ländern heimisch sind; es ist zunächst unwahrscheinlich, daß sich in der Zusammensetzung des frischen Tabakblatts ganz prinzipielle Unterschiede in bezug auf den Pektingehalt geltend machen. Bekräftigt wird unser Ergebnis durch den Umstand, daß in Deutschland kultivierter und in Deutschland vergorener Tabak in frischem Zustande den Reichtum an gebundenem Holzgeist und nach der Fermentation einen geringen Methylalkoholgehalt aufwies, ganz in der Größenordnung der fremden Produkte.

Noch nicht zahlreich genug sind unsere Versuche über das entsprechende Verhalten der gelben, zur Herstellung von Zigaretten und Pfeifengut dienenden, meist kleinblätterigen Tabaksorten. Das abweichende Aussehen dieser Materialien deutet vielleicht darauf hin, daß, sofern nicht von vornherein Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung dieser Sorten bestehen, die Vorbehandlung und Fermentation der Blätter anders erfolgt ist als die der dunklen Zigarrentabake. Ob etwa der Fermentationsprozeß kürzere Dauer besitzt oder bei niederen Temperaturen abläuft, steht noch nicht fest. In den bisher von uns geprüften 3 Sorten von gebrauchsfertigem Zigarettenrohtabak (Cavalla, Smyrna und Tachowa) sowie 3 Sorten hellen Pfeifentabaks (Argos, China und Virginia) haben

wir, ganz verschieden von den Zigarrentabaken, einen hohen Gegalt an gebundenem Methylalkohol konstatiert, nämlich *0,5—0,8%* der Trockensubstanz.

Es muß weiteren Untersuchungen, über die wir Ausführliches an anderer Stelle veröffentlichen werden, auch die Entscheidung der Frage überlassen bleiben, ob in hygienisch-pharmakologischer Hinsicht die Verminderung des Gehalts an Holzgeist, die im Verlaufe der Tabakzubereitung eintritt, eine Rolle spielt. Die Tatsache an sich scheint uns immerhin beachtlich. Beim Glimmprozeß dürfte nämlich aus so leicht spaltbaren Methylalkoholestern der Holzgeist entweder unverändert hervorgehoben oder zu Formaldehyd oder Kohlenoxyd werden; es könnten also Substanzen entstehen, deren Einatmung beim Rauchen sicherlich unerwünscht ist. Vielleicht hat auch an den Sehstörungen, die neuerdings bei Verbrauch selbsterzeugten, nicht ordentlich vergorenen Tabaks beobachtet sind, der Methylalkohol eine Mitschuld.

## Die Organdifferenzierung der Großhirnrinde im Lichte der vergleichenden Architektonik.

Von Maximilian Rose, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung.)

Eine bei gewissen Lebewesen vorhandene primitive Allgemeinfunktion kann sich infolge Anpassung an neue Existenzbedingungen in Teilfunktionen gliedern. Auf diese Weise kommt es physiologisch zu einer Arbeitsteilung.

Der Gliederung der Teilfunktionen entspricht morphologisch das Prinzip der Differenzierung, welches auf einer Entstehung ungleicher Teile aus gleichartiger Grundlage beruht. Die Differenzierung sowohl der Lebewesen als auch ihrer einzelnen Organe betrachten wir somit als den Ausdruck der Vervollkommnung.

Fig. 1. Frontalschnitt durch das Vorderhirn des Alligators. St = Streifenhügel; 51 = primitive alfaktorische Rinde (striatale Rinde); I = Zonalschicht; a = Zellschicht der primitiven striatalen Rinde (51).

Auch innerhalb der Hirnrinde bilden sich auf Grund örtlich ungleichartiger Differenzierungsvorgänge zahlreiche und tiefgreifende Strukturverschiedenheiten. Es kommt auf diese Weise zur Entwicklung von Rindenfeldern, welche in sich einheitlich gebaut sind und von den angrenzenden Rindenfeldern wesentlich differieren. Bei niederen Tieren gibt es wenige, „Primitivorgane" (Gegenbaur) darstellende Rindenfelder. Durch weitere Differenzierung zerfallen dieselben in zunehmend mehr Einzelareae.

In der Fig. 1, welche vom Frontalpol des Alligators stammt, sehen wir an der lateralen Oberfläche des Streifenhügels (St) die primitivste Rinde, die wir überhaupt kennen (51). Sie besteht nur aus einer Zonalschicht (I) und einer Zellschicht (a) und entstammt derselben Mutterschicht wie der Streifenhügel. Wir haben es hier mit der sog. Riechstation II. Ordnung zu tun, in welcher die erste Verarbeitung der durch den Riechkolben (Riechstation I. Ordnung) perzipierten Riecheindrücke erfolgt. Diese Rinde ist in ihrer ganzen Ausdehnung gleichartig gebaut und stellt zweifellos ein Primitivorgan dar.

Bei den Säugetieren kam es infolge Anpassung an andere Lebensbedingungen zu einer weitgehenden Differenzierung dieses Rindengebietes. So unterscheiden wir in ihm bei dem Schnabeltier (*Ornithorhynchus*) 6 different gebaute und scharf sich gegeneinander absetzende architektonische Felder, bei der Fledermaus 7, beim Igel 9, beim Hunde sogar 11. In Fig. 2 finden wir drei dieser Rindenfelder des Igels. Wir sehen hier die großen Verschiedenheiten im Bau dieser Einzelfelder. In Pam 1 stehen die Elemente der Zellschicht sehr dicht nebeneinander und färben sich intensiv. In Pam 2 ist die Zellschicht bedeutend lockerer und setzt sich aus etwas kleineren und weniger tingierbaren Zellen zusammen. Die Zellschicht von Pam 3 ist wesentlich anders gebaut. Sie ist bedeutend breiter als in Pam 1 und Pam 2 und setzt sich ausnahmslos aus sehr kleinen körnerähnlichen Elementen zusammen. Die Grenzen zwischen den beschriebenen Typen sind mit Pfeilen (↑) angegeben. Sie sind haarscharf. Beim Menschen finden wir fast die gleiche Anzahl architektonischer Zentren in diesem Rindengebiete; sie sind jedoch teilweise sehr rückgebildet.

Im Bereiche des primitiven Einheitsorgans der Vögel und Reptilien kam es demnach bei den

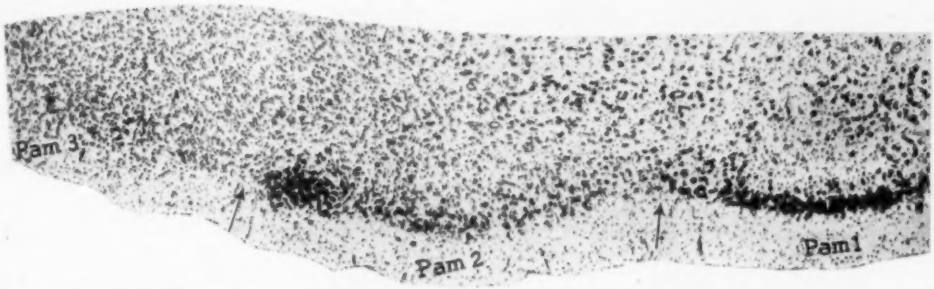



Fig. 2. Frontalschnitt durch das hintere olfaktorische Rindengebiet des Igels. Pam 1, Pam 2 und Pam 3 = architektonische Felder dieses Gebietes.

Säugern zu weitgehenden Veränderungen. Diese Veränderungen sind quantitativer und qualitativer Art. Sie beziehen sich sowohl auf die bedeutende Vergrößerung dieses Rindengebietes bei den Säugetieren als auch auf eine Teilung in viele, scharf sich gegeneinander absetzende Partialorgane: *Areae architectonicae*. Es handelt sich hier somit um den morphologischen Ausdruck der Arbeitsteilung, welche durch die Bildung von Partialorganen zum Vorschein tritt. Es ist auch daraus der Schluß zu ziehen, daß es bei den Säugern zur Vervollkommnung der Riechfunktion gekommen ist.

Ein anderes Gebiet, welches in dieser Richtung besonders instruktiv ist, ist die Rinde des *Gyrus hippocampi* [*entorhinale Rinde* (e)]. Bei den Reptilien finden wir sie nur bei großen Eidechsen. Fig. 3 zeigt sie uns bei der Taube. Es ist eine

Fig. 3. Frontalschnitt durch den hinteren Pol des Taubengehirns. e = entorhinale Rinde; I = Zonalschicht; a, b, c = Zellschichten; AF = Ammonsformation.

vierschichtige Rinde, welche außer aus der zellosen äußeren Schicht (I), aus zellreichen (a und c) und einer zellarmen Lage (b) besteht.

Wenn wir nun zu den Säugetieren übergehen, so beobachten wir bei den einzelnen Ordnungen die weitgehendsten Unterschiede in der Differenzierung dieses Rindengebietes. In Fig. 4 haben wir einen Frontalschnitt durch diese Gegend von der Maus vor uns. Wir unterscheiden hier 2 Unterfelder. In dem mit $e_2$ bezeichneten Unterfelde ist die äußere Zellschicht Pre sehr breit und aus mittelgroßen Pyramidenzellen zusammengesetzt. Sehr breit und dicht gefügt ist auch die innere Zellschicht Pri. Beide sind durch eine zellarme Zwischenschicht (Ds) getrennt. Im Unterfelde $e_3$ ist gegenüber $e_2$ die Zonalschicht (I) breiter, die äußere Zellschicht Pre schmäler und aus kleineren Elementen zusammengesetzt, die Zwischenschicht (Ds) ebenfalls schmäler und zellärmer. Die Grenze zwischen $e_2$ und $e_3$ ist scharf (↓).

Beim Hunde unterscheiden wir in der entorhinalen Rinde 8 Unterfelder, bei den Halbaffen 11, bei den Affen (Mantelpavian) 14 und beim Menschen 23 Einzelareae.

*Die enthorinale Region, welche bei den großen Eidechsen und bei sämtlichen Vögeln noch ein ein-*

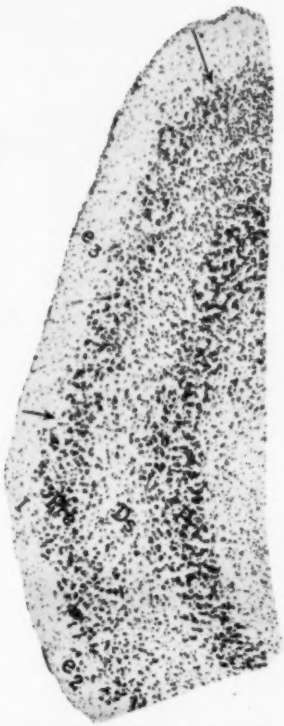



Fig. 4. Frontalschnitt durch die entorhinale Rinde der Maus. $e_2$ und $e_3$ = architektonische Unterfelder der entorhinalen Rinde; Pre = äußere Zellschicht; Pri = innere Zellschicht; Ds = Zwischenschicht; I = Zonalschicht.

***heitlich gebautes Primitivorgan darstellt, gliedert sich bei den niederen Säugetieren in 2—3 Einzelareae (Partialorgane) und erreicht beim Menschen eine Teilung in 23 subordinierte architektonische Zentren, welche sich scharf voneinander abgrenzen.***

Diese die *Regio entorhinalis* betreffenden morphologischen Tatsachen besitzen auch von einem anderen Standpunkte aus eine Bedeutung. Bekanntlich wird die entorhinale Region vielfach als übergeordnetes Riechzentrum betrachtet. Nun finden wir diese Region in größter absoluter und relativer Ausdehnung und in weitestens gehender Differenzierung beim Menschen. Bei so vorzüglichen Riechern wie den Insektenfressern und den Carnivoren (Hund) finden wir eine absolut und relativ viel kleinere und bedeutend weniger differenzierte entorhinale Region. Wir glauben, nicht zu weit zu gehen, wenn wir daraus den Schluß ziehen, daß die *entorhinale Region* wenigstens in

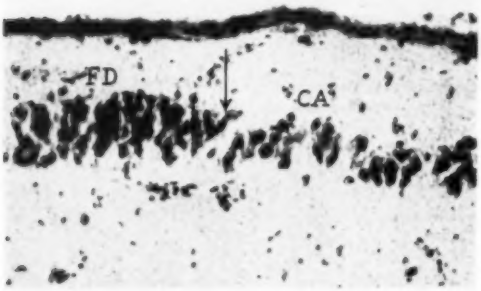



Fig. 5. Frontalschnitt durch die Ammonsformation des Wüstenvaran. FD = Fascia dentata; CA = Ammonshorn.

ihren spezifisch menschlichen Teilen entweder ganz anderen Funktionen oder zu mindestens anderen Partialfunktionen des Riechens dient als es bei den niederen Säugern vorkommt.

Die Ausbildung von Partialorganen im Bereiche eines Primitivorgans tritt uns vielleicht am deutlichsten in der sog. Ammonsformation, welche ebenfalls zur Riechfunktion in Beziehung gebracht wird, entgegen.

Die Ammonsformation zeichnet sich durch einen zweischichtigen Bau aus. Sie besteht aus einer Zonal- und einer Zellschicht. Diese Rinde befindet sich jedoch nicht an der Oberfläche des Streifenhügels, so wie die Riechrinde II. Ordnung; denn sie entwickelte sich aus der ganzen Dicke der Wand des sekundären Hirnbläschens.

In Fig. 3 sehen wir die Ammonsformation (AF) bei der Taube. Sie ist sowohl bei diesem Vogel wie auch bei den Hühnern, Schwimm- und Watvögeln, wo sie am besten ausgeprägt ist, in ihrer ganzen Ausdehnung vollständig gleichartig gebaut und stellt somit hier ein Primitivorgan im Sinne Gegenbaurs dar. Die dichtgefügte Zellschicht setzt sich aus mittelgroßen Pyramiden zellen zusammen.

Bei den Reptilien, besonders bei den Schlangen und Eidechsen, kommt es zur ersten Bildung von Partialorganen im Bereiche der Ammonsformation. In der Fig. 5 besteht die Ammonsformation aus 2 Unterfeldern, welche sich haarscharf gegeneinander absetzen und in der erwähnten Figur durch einen Pfeil (↓) abgegrenzt sind. Links vom Pfeile ist die Zellschicht breit, dicht gefügt und setzt sich aus sehr kleinen Elementen zusammen. Rechts davon finden wir in der schmalen lockeren Zellschicht große pyramidenförmige Elemente. Wir stellen demnach fest, daß die bei den Vögeln einheitlich gebaute und aus Pyramidenzellen bestehende Ammonsformation sich in zwei scharf gegeneinander absetzende Partialorgane gegliedert hat. Der aus kleinen Elementen bestehende Abschnitt entspricht der *Fascia dentata* (FD), welche durch Verkörnelung der Pyramidenzellen entstand, der große Pyramidenzellen aufweisende Teil stellt das Ammonshorn (CA) sensu strictiori dar.

Wir sehen an diesem Beispiele ebenso wie an dem vorigen, wie durch örtliche Differenzierungsvorgänge sich ein Primitivorgan in Partialorgane gliedert. Wir sehen auch, daß die Grenzen der Partialorgane oder der *Areae architectonicae* von Anfang an haarscharf sind.

Bei den niederen Säugetieren gliedert sich die Ammonsformation in 3—4, beim Hund in 7 Einzelareae. Ebenso beim Menschen. In Fig. 6 sehen wir die Ammonsformation vom Hunde. Die körnerhaltige, von den Reptilien her bekannte *Fascia dentata* FD liegt, ebenso wie bei allen Säugetieren, eingerollt. Die einzelnen Unterfelder des eigentlichen Ammonshornes sind mit $h_1$—$h_5$ bezeichnet. Die Zellschicht von $h_1$ ist sehr breit und besteht ausnahmslos aus mittelgroßen Pyramidenzellen diese Pyramidenzellen liegen an der Grenze der Zonalschicht dichter und weisen eine schlanke Gestalt auf. In den tieferen Schichten sind sie kürzer und breiter. $h_2$ zeichnet sich durch große, stark tingierbare Pyramidenzellen aus, welche dicht nebeneinander liegen. Die Zellschicht von $h_3$ ist breiter und lockerer gefügt als die von $h_2$. Noch lockerer ist die Zellschicht von $h_4$, deren Elemente ziemlich regellos liegen. $h_5$ setzt sich aus ganz regellos liegenden Zellen im Hilus der *Fascia dentata* zusammen. Zu der Ammonsformation zählen wir bei den Säugetieren auch das sog. *Subiculum* (Sub), dessen Zellschicht sich in 5 Unterschichten gliedert. Die Grenzen zwischen den einzelnen Abschnitten der Ammonsformation sind scharf.

Aus obigen Beispielen ist zweierlei zu ersehen: Einerseits, daß die Großhirnrinde bei niederen Vertebraten eine oder mehrere Organeinheiten darstellt, in deren Bereiche es bei höheren Tieren durch den Vorgang der Differenzierung zur Bildung von Partialorganen (*Areae architectonicae*) kommt, andererseits, daß die Grenzen dieser Areae von

den niedersten Vertebraten bis zum Menschen scharf sind. Die Schärfe der Grenzen der architektonischen Areae wurde in den ersten Anfängen der architektonischen Forschung verkannt. C. und O. VOGT postulierten dieselbe auf Grund ihrer physiologischen Untersuchungen, da der Reizerfolg immer an scharf umschriebenen Grenzen ein- und aussetzte. Die anatomischen Untersuchungen bei Affen und Menschen stellten dann für die scharf umgrenzten reizphysiologischen Territorien ebenso scharf umgrenzte architektonische Äquivalente fest. Die embryologischen und vergleichend-anatomischen Untersuchungen bilden eine weitere Stütze für diese Auffassung.

Das Entstehen von Partialorganen, welches auf der Umbildung einer gleichartigen Grundlage zu ungleichen Teilen beruht, ist, wie eingangs erwähnt, aus dem physiologischen Prinzip der Arbeitsteilung abzuleiten. Daraus ist der Schluß zu folgern, daß die Partialorgane verschiedenen Teilfunktionen dienen. Diese Teilfunktionen sind demnach an circumscripte sich haarscharf voneinander abgrenzende, eine einheitliche architektonische Struktur aufweisende Bezirke oder Areae architectonicae gebunden. Die vergleichende Architektonik und die Ontogenie zeigen uns den Werdegang jedes architektonischen Zentrums, den Grad seiner inneren Differenzierung, seine absolute und relative Ausdehnung und seine Gliederung in Einzelareae bei den verschiedenen Tierordnungen und Tierarten. Die so durchgeführten Vergleichungen bei Tier und Mensch geben uns auch, wie wir das vorne bei der entorhinalen Region ausgeführt haben, gewisse allgemeine Winke bezüglich der Funktion der einzelnen Rindengebiete, wenn auch nach wie vor daran festzuhalten ist, daß die endgültige Bestimmung der Funktion der Physiologie vorbehalten bleiben muß.

Fig. 6. Frontalschnitt durch die Ammonsformation des Hundes. $h_1$—$h_5$ = architektonische Unterfelder des Ammonshornes; Sub = Subiculum des Ammonshornes; FD = Fascia dentata.

# Über idiosomatische Variationsgruppen und ihre Bedeutung für die Klassifikation der Krankheiten.

Von N. Timoféeff-Ressovsky und O. Vogt, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung.)

Die folgenden Ausführungen gehen von der Grundidee aus, daß die Krankheiten nur eine besondere Form von Variationen sind, daß deshalb allgemeinere, an Variationen der Tiere oder Pflanzen gemachte Feststellungen auch für die Krankheiten gelten und daß andererseits speziell bei Krankheiten erhobene Feststellungen auch für andere Formen von Variationen Bedeutung haben.

Prüfen wir nun die heutigen sog. „Krankheitseinheiten", namentlich auf Gebieten, wo ihre Umgrenzung auf besondere Schwierigkeiten stößt, z. B. bei den Erkrankungen des Nervensystems, so zeigt sich folgendes. Unter den heutigen „Krankheitseinheiten" begegnen wir solchen, welche sich zwar phänotypisch sehr ähneln, bei welchen aber eine genaue *ätiologische* Forschung uns ihre genetisch verschiedene Verursachung aufdeckt. Das gilt auch für kleine Gruppen von großer pathologisch-anatomischer und klinischer Einheitlichkeit, z. B. die zu C. Vogts Status marmoratus führende Erkrankung eines bestimmten Hirnabschnitts, des Striatum. Bald war dieser Krankheitsprozeß erblich begründet; bald lag nur eine besondere erbliche Prädisposition vor, auf eine beliebige Schädigung des Nervensystems mit dieser Veränderung zu reagieren; bald rief eine äußere Schädigung diesen Krankheitsprozeß hervor, ohne daß eine solche Prädisposition nachweisbar war. Eine solche vermeintliche „Krankheitseinheit" haben C. und O. Vogt als eine *idiosomatische Krankheitsgruppe* bezeichnet. H. und N. Timoféeff-Ressovsky haben dann auf die weite Verbreitung entsprechender idiosomatischer Variationsgruppen bei der Fliege Drosophila funebris hingewiesen. Alle vier Autoren sind dabei der Ansicht, daß die bisherige Sippenzusammenfassung innerhalb der Tier- und Pflanzenspezies ebenso wie die heutige Krankheitseinteilung sehr viele derartige idiosomatische Gruppen enthält. Unter den Erkrankungen des Nervensystems dürfte vor allem die fast alle Verrücktheiten umfassende „Krankheitseinheit" *Schizophrenie* eine solche idiosomatische Krankheitsgruppe darstellen. Dabei werden wir weiter unten sehen, daß die erblich bedingte Untergruppe auch nicht einheitlich verursacht zu sein braucht. Wir sind dementsprechend nicht a priori berechtigt, den auf erblicher Basis bei den Erwachsenen in Verbindung mit Abnahme der Geisteskräfte auftretenden Veitstanz, die sog. Huntingtonsche Krankheit, als eine Krankheitseinheit aufzufassen. Und wir müssen die pathologische Anatomie für inkompetent erklären, zu entscheiden, ob zwei phänotypisch gewisse Übergänge zueinander zeigende Krankheiten, die progressive Linsenkerndegeneration und die Pseudosklerose, eine wirkliche, d. h. durch eine identische Ätiologie bedingte Krankheitseinheit darstellen.

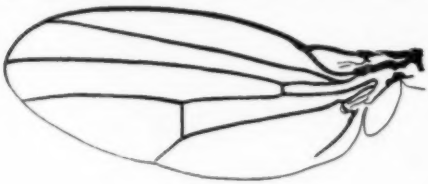


Fig. 1.

In allen diesen Fällen kann nur eine *ätiologische* Forschung die erforderliche Klärung bringen. Man kann sich indessen fragen, ob eine eingehende Analyse des Phänotypus doch schon zuvor für jede besondere oder zunächst wenigstens für manche Ätiologie ganz bestimmte charakteristische Merkmale aufdecken kann, so daß man bei einer genügenden Vertiefung der phänotypischen Analyse die Umgrenzung ätiologisch einheitlicher Krankheiten resp. Variationssippen zum mindesten mehr als bisher vorbereiten kann. Wir wollen diese Frage zunächst an einer genetisch gut untersuchten, als *plexus* bezeichneten idiosomatischen Variationsgruppe der Drosophila funebris untersuchen.

Fig. 1 lehrt die normale Aderung des linken Flügels einer Drosophila funebris.

Fig. 2 zeigt die als *plexus* benannte anormale Gestaltung der zweiten (unteren) Querader. Die drei abgebildeten Flügel bilden nicht erbliche, also auf exogene Faktoren zurückzuführende Modifikationen.

Fig. 3 bringt eine ganze Reihe verschiedener *plexus*-Formen. Sie sind der Ausdruck einer ganz bestimmten Veränderung eines einzigen Erbfaktors (der Genenvariation *alae plexus*).

Fig. 4 macht uns nun mit ganz ähnlichen Flügelabweichungen bekannt. Auch sie sind erblich bedingt. Es hat aber die weitere genetische Analyse hierhergehöriger Fliegen gezeigt, daß es sich um eine Abänderung eines anderen Gens handelt.

Für unsere heutigen Betrachtungen ist nun wichtig, daß sich diese Genenvariation gleichzeitig phänotypisch in einem anderen Merkmal äußert, nämlich in einer gespreizten Haltung der Flügel. Ergänzend sei noch betont, daß die in Fig. 3 wiedergegebene Genenvariation rezessiv, die in der Fig. 4 wiedergegebene dagegen dominant und daß ferner die Penetranz (Durchschlagskraft) der letzteren wesentlich stärker ist.

Ähnliches zeigt nach den Feststellungen der Morganschen Schule die Gruppe der erblichen

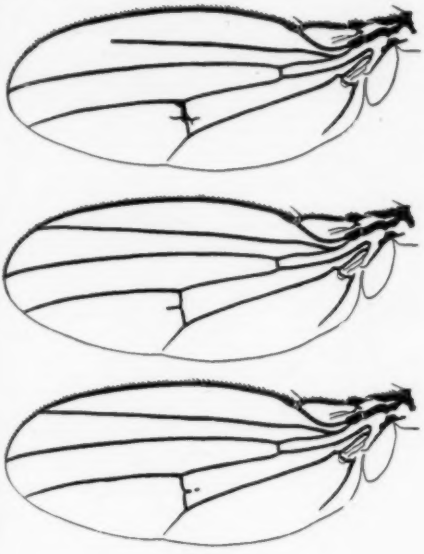


Fig. 2.

und nichterblichen Flügelausschnitte bei Drosophila melanogaster.

Fig. 5 bringt einen Flügel mit Ausschnitten, welche durch das dominante Gen *Beaded* hervorgerufen werden. Ähnliche Ausschnitte werden aber auch durch andere Gene bedingt. Das recessive Gen *cut*, welches sich in den Flügeln ebenso wie *Beaded* manifestiert, ruft außerdem noch Abweichungen in den Augen und Antennen der Fliegen hervor. Die Flügelausschnitte des dominanten Gens *Notch* sind im Gegensatz zu *Beaded* und *cut* hauptsächlich an der Flügelspitze lokalisiert.

Wie dann endlich Fig. 6 zeigt, kann man sich schon heute ganz gut eine Vorstellung davon machen, wie einerseits verschiedene Erbfaktoren und somatische Einflüsse dasselbe Merkmal hervorrufen, wie andererseits aber ungleiche Ätiologien nicht nur ein verschiedenes Verhalten der Nachkommen bedingen, sondern zu einer für die einzelne Ätiologie charakteristischen Kombination dieses Merkmals mit anderen führen und auf diese Weise schon eine phänotypische Zergliederung der idiosomatischen Gruppe anbahnen können. Das Merkmal *A* kommt dadurch zustande, daß seine unmittelbare Verursachung *a* von dem exogenen Reiz *s* oder *t* sowie von den erblich bedingten Reizen *m* oder *n* zur Reaktion *A* veranlaßt wird, während der exogene Reiz *r* und der erblich bedingte Reiz *l* wenigstens zur Reaktion *A* einen gewissen Anstoß geben. Während der exogene Reiz *t* und das Gen *m* unter den drei Merkmalen ausschließlich das Merkmal *A* hervorrufen, verursachen der exogene Reiz *s* und das Gen *n* zugleich *C* durch gleichzeitige Reizung von *c*. Der exogene Reiz *r* und das Gen *l* bedingen sogar durch hauptsächliche Einwirkung auf *b* vornehmlich das Merkmal *B* und nur in zweiter Linie das Merkmal *A*. Auf diese Weise entstehen die verschiedenen Kombinationen von Merkmalen sowie ihre differente Penetranz und Expressivität in den Phänotypen einer idiosomatischen Variationsgruppe. Das für alle genetisch verschiedenen Glieder dieser Gruppe identische Hauptmerkmal *A* erscheint als Folge der beschränkten Reaktionsfähigkeit seiner Verursachung *a*: *a* reagiert auf verschiedene Reize in der gleichen Weise (generelle

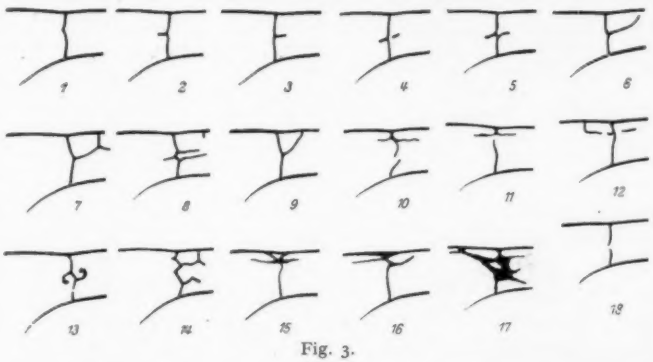



Fig. 3.

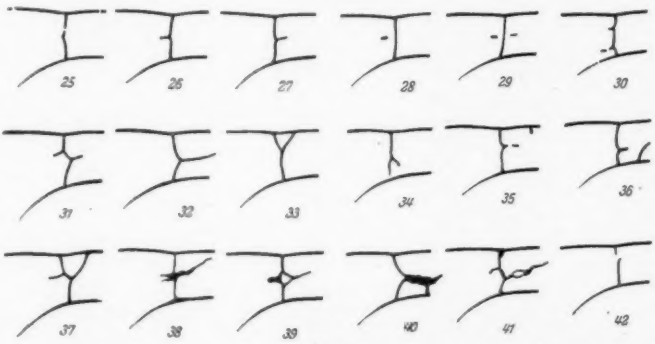



Fig. 4.

Physioklise). Dadurch entsteht die äußerliche Einheitlichkeit einer solchen heterogenen Gruppe.

Wir kommen zum Schluß. Die Medizin erstrebt im Interesse der Stellung einer Prognose und des Voraussehens der Wirkung therapeutischer und prophylaktischer Eingriffe identisch verursachte Krankheitseinheiten. Letztlich können

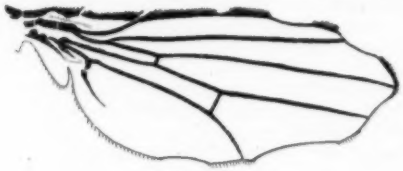


Fig. 5.

diese nur durch das Studium der Ätiologie abgegrenzt werden. Bei erbbiologischen Untersuchungen muß das Streben aufgegeben werden, für große Krankheitsgruppen einen identischen Erbgang aufdecken zu wollen. Man muß vielmehr auf die von den einzelnen Familien gezeigten Besonderheiten achten und durch Zusammenfassung derjenigen Familien, welche die gleichen Besonderheiten zeigen, die Aussonderung einer erblich gleich bedingten Krankheitseinheit anstreben. In analoger Weise hat Klinik und pathologische Anatomie in erster Linie nicht die Auf-

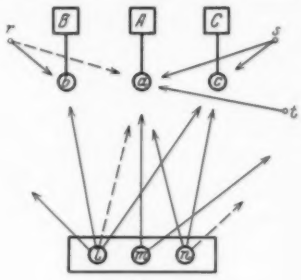



Fig. 6.

deckung des für eine Gruppe von Krankheiten Spezifischen anzustreben, sondern möglichst alle klinischen und pathologisch-anatomischen Merkmale des Einzelfalls aufzudecken und durch Zusammenstellung gleicher Kombinationen die ätiologische Klassifikation anzubahnen.

## Die vergleichend-architektonische und die vergleichend-reizphysiologische Felderung der Großhirnrinde unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen.

Von C. VOGT und O. VOGT, Berlin.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung.)

Die *anatomischen* Studien des Neuro-Biologischen Instituts der Berliner Universität und des später ihm angegliederten Kaiser Wilhelm-Instituts für Hirnforschung sollten von Anfang an Vorarbeiten für eine *Physiologie* des Gehirns darstellen. Sie gingen dabei von der heuristischen Idee aus, daß sich funktionelle Verschiedenheiten in Strukturdifferenzen äußern und daß unter den physiologisch wichtigen Strukturunterschieden gerade jene eine besondere Rolle spielen, welche O. VOGT als *architektonische* bezeichnet hat, d. h. die örtlichen Differenzen in der Anordnung, der Zahl und der groben Morphologie der Nervenzellen und der markumhüllten Leitungsfasern.

Das Studium der Architektonik hat im Laufe der Zeit zur Zerlegung der Großhirnrinde in unerwartet viele, haarscharf gegeneinander abgegrenzte, jedesmal die ganze Rindendicke umfassende *Felder* geführt. Wir unterscheiden heute bei dem Menschen mehr als 200. Die vergleichende Forschung zeigt ferner einen sehr gleichen Bau zwischen gewissen Feldern der Großhirnrinde des Menschen und der Affen und daneben Rindengebiete des Menschen, welche in ihrer Gesamtheit dem Bau *einzelner* Rindenfelder der Affen ähneln, aber durch Weiterdifferenzierung in *mehrere*, durch Strukturbesonderheiten verschiedene Felder zerfallen.

Von Anfang an haben wir uns nicht auf die heuristische Annahme einer funktionellen Spezifizität der architektonischen Rindenfelder beschränkt, sondern wir haben die letztere mit physiologischen Methoden und speziell mit der elektrischen Reizmethode geprüft. Im Jahre 1918 konnten wir so auf Grund von Rindenreizungen an über 150 zur Gruppe der Meerkatzen gehörenden Affen eine physiologische Rindenfelderung veröffentlichen. Wir haben sie 1924 in Verbindung mit BARANY noch durch einige Einzelheiten ergänzt. Fig. 1 bringt unsere Rindenfelderung der konvexen Seite des Großhirns mit diesen Ergänzungen.

Im Jahre 1905 hat BRODMANN aus unserem Institut als erster eine architektonische Rindenfelderung des Meerkatzengehirns veröffentlicht. Die von ihm unterschiedenen Rindenfelder gehen annähernd aus der Fig. 2 hervor, sobald man die mit der gleichen arabischen Ziffer bezeichneten Gebiete jedesmal zu einem Felde vereinigt. Bei seiner Felderung lehrte BRODMANN damals ferner noch nicht das *allgemeine* Vorkommen haarscharfer Grenzen zwischen den einzelnen Feldern. Unsere physiologische Rindenkarte aus dem Jahre 1918 (Fig. 1) deckte nun nicht nur eine wesentlich größere Zahl von Rindenfeldern, sondern auch eine haarscharfe Begrenzung der einzelnen auf. Eigene, nach der Veröffentlichung BRODMANNS unternommene Versuche einer architektonischen Felderung des Affengehirns an Schnittserien und eine Ergänzung dieser Felderung durch das spezielle Studium von Rindenstellen, in welchen wir bei

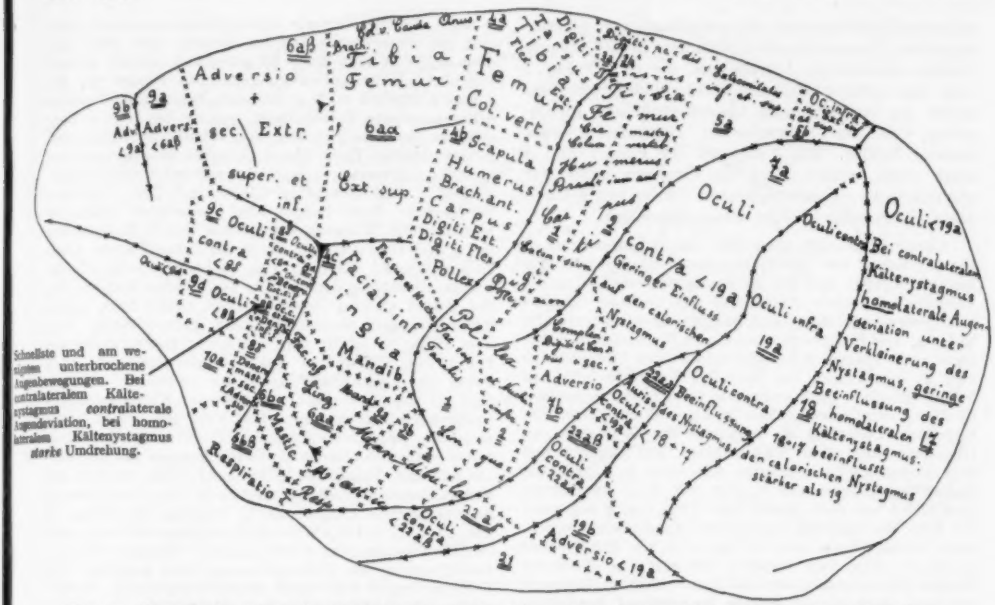



Fig. 1. Die reizphysiologische Rindenfelderung der Convexität der Großhirnhemisphäre der Meerkatze. 1918 von C. und O. VOGT entworfen und 1924 in Verbindung mit BARANY ergänzt.

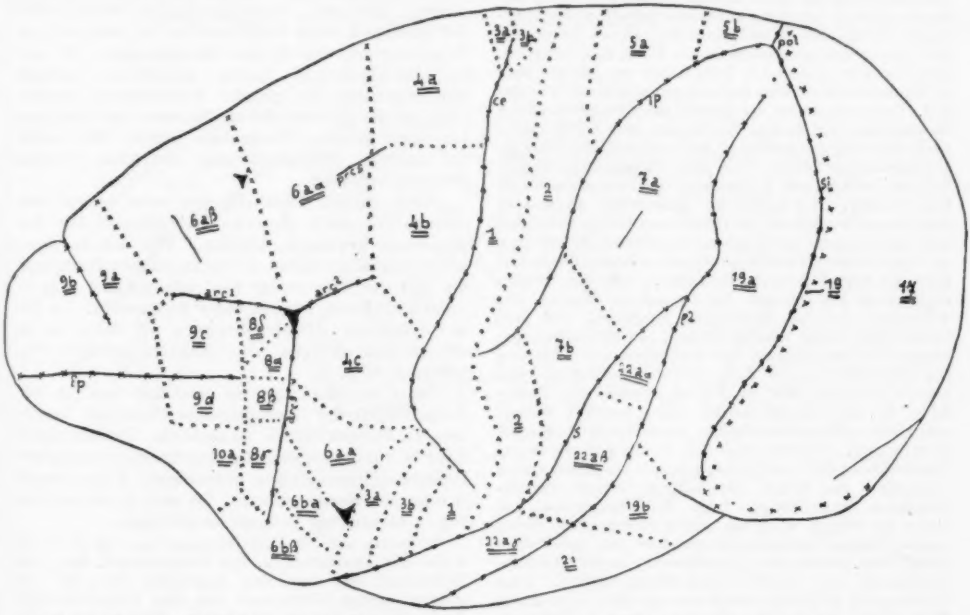



Fig. 2. Die architektonische Rindenfelderung der Convexität der Großhirnhemisphäre der Meerkatze. 1919 von C. und O. VOGT entworfen.

unseren Experimenten die aufgefundenen physiologischen Grenzen durch Einschnitte in das lebende Gehirn markierten, lehrten uns die in der Fig. 2 von uns unterschiedenen Rindenfelder von einander zu trennen und überzeugten uns gleichzeitig von der haarscharfen Begrenzung aller unserer Felder. Ein Vergleich der Figg. 1 und 2 zeigt dann weiter, daß die Grenzen jedes der physiologisch unterscheidbaren Felder mit solchen architektonischer Felder zusammenfallen.

Unmittelbar nach vorn vom Sulcus centralis (*ce* in Fig. 2) haben wir (durch Druckschrift markiert) das leicht erregbare und die Erregung unmittelbar in die Peripherie leitende ***Primärfeld*** für ***tonische Spezial***bewegungen. Es deckt sich mit dem architektonischen Felde **4**. Die Hauptsegmente dieses Primärfeldes fallen dann noch speziell mit architektonischen Unterfeldern von **4** zusammen. Im dorsalen Unterabschnitt **4a** liegen von oben nach unten die Gebiete der Zehen bis zu denen des Oberschenkels und der Wirbelsäule. Im folgenden Unterfeld **4b** beginnen die Segmente des Oberarms mit dem Schulterblatt und endigen mit dem Daumen. Im ventralen Abschnitt **4c** fangen die Spezialbewegungen des Kopfes mit dem Nacken an und hören mit dem Kiefer auf. Oral von **4** begegnen wir dem ***Sekundärfeld*** für ***tonische Spezial***bewegungen. Seine Untergebiete sind in Fig. 1 durch Rundschrift markiert. Von ihm erzielen wir erst bei stärkeren Reizen Bewegungen, welche den von **4** auslösbaren gleichen, aber zu schnellerer Irradiierung tendieren. Durch entsprechende operative Isolierungen vor den Reizungen konnten wir ferner feststellen, daß die nervöse Erregung nicht direkt in die Peripherie abfließt, sondern durch die äußersten Schichten der Hirnrinde auf das Primärfeld einwirkt. Dieses Sekundärfeld ist mit dem architektonischen Felde **6a**$\alpha$ identisch. Oral von seinem dorsalen Teile haben wir das mit dem architektonischen Felde **6a**$\beta$ zusammenfallende ***Tertiärfeld***. Dieses ergibt bei schwachen Reizen ausschließlich Bewegungen der Augen, des Kopfes und des Rumpfes nach der entgegengesetzten Seite und solche des entgegengesetzten Ohres. Alle diese Bewegungen ähneln den die willkürliche Einstellung der Aufmerksamkeit begleitenden. Wir haben sie deshalb als ***Adversionsbewegungen*** bezeichnet. Bei stärkeren Reizen schließen sich dann Gesamtbewegungen der beiden Extremitäten an. Oroventral von dem ventralen Abschnitt von **6a**$\alpha$ liegt das anders gebaute Feld **6b**$\alpha$. Von ihm werden ***rhythmische*** Bewegungen der Zunge, des Mundes, des Schlundes und des Kehlkopfes ausgelöst. Ein sich ventro-oral daran anschließendes, wieder anders gebautes Feld **6b**$\beta$ reagiert auf Reizungen mit Änderung der Atmung. Oral von dem absteigenden Schenkel des Sulcus arcuatus (*arc*[3] in Fig. 2) ergeben die Unterfelder **8**$\delta$, **8**$\alpha$ und **8**$\beta$ bereits bei schwachen Reizen schnellste und am wenigsten unterbrochene Augenbewegungen. Nimmt man die Reizungen nicht bei Ruhestellung der Augen vor, sondern bei einem durch Ausspülen des Ohres mit kaltem Wasser hervorgerufenen Augenzittern (sog. Kältenystagmus), so gehen die Augen, wenn die rasche Komponente dieses Augenzitterns kontralateral gerichtet ist, auch nach dieser Seite, während ein homolateral gerichteter Kältenystagmus eine starke Umdrehung erfährt. Eine Reizung des Feldes **8**$\gamma$ bringt eine spontane oder durch Reizung des Feldes **6b**$\alpha$ mit einer zweiten Elektrode hervorgerufene rhythmische Bewegung der Mundmuskulatur zum Stillstand. Oral von **6a**$\beta$ und **8**$\delta$ + **8**$\alpha$ + **8**$\beta$ erhalten wir Adversionsbewegungen, aber erst bei wesentlich stärkeren Reizen: und zwar von dem oral von **8**$\delta$ + **8**$\alpha$ + **8**$\beta$ gelegenen Gebiete primär vornehmlich Augenbewegungen. Die Felder **3a**, **3b**, **1** und **2** ergeben noch nicht nach diesen Einzelfeldern differenzierbare Bewegungen, welche den von **4** ausgelösten durchaus gleichen. Man erhält auch annähernd in der gleichen Höhe dieses Gebietes Bewegungen des gleichen Segmentes, wie aus der mit Schriftbuchstaben in Fig. 1 durchgeführten Gliederung dieses Gebietes hervorgeht. Man bedarf aber wesentlich stärkerer Ströme. Die Wirkung erfolgt nur durch Einwirkung auf **4** und zwar auf dem Wege der subcorticalen Assoziationsfasern. Reizung von **5a** ergibt eine gleichzeitige Bewegung der unteren und oberen Extremität, des Feldes **5b** eine Bewegung der Augen nach unten mit sekundärer Bewegung beider Extremitäten. Von dem Felde **7b** erhält man komplexe Bewegungen der Hand mit sekundären Adversionsbewegungen, vom Felde **7a** Augenbewegungen, die schwerer erregbar sind als vom Felde **19a** und die vom Kältenystagmus kaum beeinflußt werden. Das Feld **19a** ergibt leicht erregbare Augenbewegungen. Sie verlaufen aber langsamer und unter mehr Unterbrechungen als bei Reizungen der Felder **8**$\delta$ + **8**$\alpha$ + **8**$\beta$. Sie werden bei kontralateralem Kältenystagmus in eine homolaterale Augendeviation umgewandelt. Reizung der Felder **18** und **17** führt zu noch wesentlich langsameren und mehr unterbrochenen Augenbewegungen. Dagegen ist die Beeinflussung des Kältenystagmus eine größere. Das Feld **22** ergibt Ohr- und Augenbewegungen. Es erfordert etwas stärkere Ströme als **19a**.

Nachdem wir uns so in weitgehendstem Maße bei ***einer*** Tiergruppe von der Tatsache überzeugt hatten, daß eine architektonische Besonderheit der Ausdruck einer funktionellen ist, sind wir zur Beantwortung der Frage übergegangen, ob nun bei verschiedenen Tieren gleichartig gebaute Rindengebiete die gleiche Reizreaktion zeigten resp. ob die gleichen Reizreaktionen der Indicator für einen gleichen Rindenbau wären. Wir haben bei unseren Versuchen eine durchaus positive Antwort erhalten.

Nach diesen Feststellungen war es für uns sicher, daß auch ähnliche Verhältnisse für den Menschen vorliegen müßten. Wir haben dementsprechend zunächst die menschlichen Homologa der auf der Convexität des Affengehirns (Fig. 2) unterschiedenen Rindenfelder festgestellt. In die so entstandene Hirnkarte haben wir dann die zu erwartenden Folgen von Rindenreizungen eingetragen (Fig. 3).

Ganz unabhängig von uns hat nun in der Zwischenzeit der hervorragende Breslauer Neurologe O. FOERSTER die ***menschliche*** Großhirnrinde einer bewunderungswürdig eingehenden reizphysiologischen Untersuchung unterzogen. Fig. 4 bringt FOERSTERS Reizergebnisse. Sie sind in ein mit der Fig. 3 identisches Schema eingetragen.

In bezug auf die Feldergruppen **3a** + **3b** + **1** + **2**, sowie das Primärfeld **4**, das Sekundärfeld **6a**$\alpha$, das Tertiärfeld **6a**$\beta$ und das Augenfeld **8**$\alpha$ + **8**$\beta$ + **8**$\delta$ stimmt unsere Voraussage mit den FOERSTERschen Feststellungen vollständig überein. Betreffs des Feldes **9**$\beta$ hat FOERSTER neben rhythmischen Mundbewegungen auch Veränderungen der Atmung beobachtet. Er

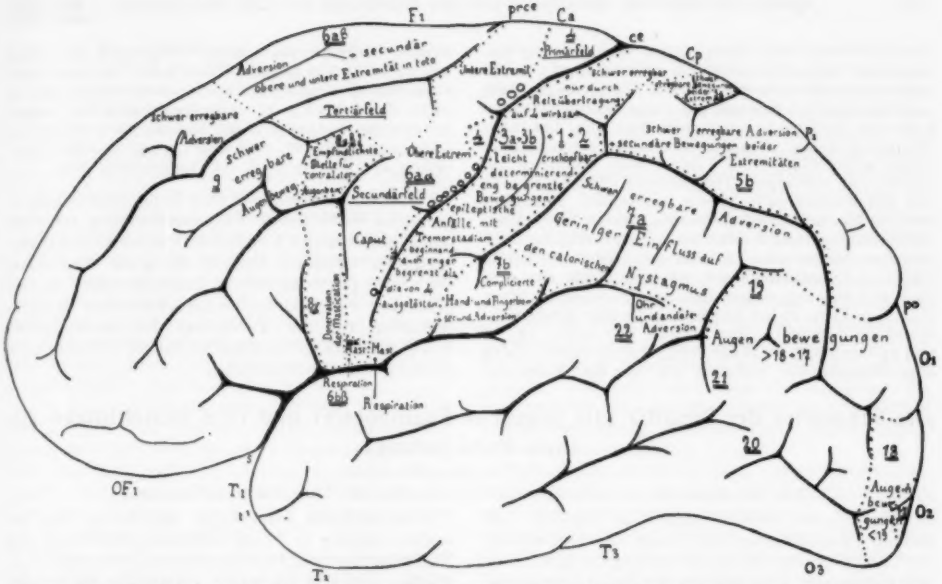



Fig. 3. Die menschlichen Homologa der architektonischen Rindenfelder der Convexität der Großhirnhemisphäre der Meerkatze und ihre vermutlichen reizphysiologischen Reaktionen. 8 *α*, *β*, *δ*: schnellste und am wenigsten unterbrochene Augenbewegungen. Bei contralateralem Kältenystagmus *contra*laterale Augendeviation, bei homolateralem Kältenystagmus *starke* Umdrehung. 19, 18, 17: Bei contralateralem Kältenystagmus *homo*laterale Augendeviation unter Verkleinerung des Nystagmus, *geringe* Beeinflussung des homolateralen Kältenystagmus. 18+17 beeinflußt den calorischen Nystagmus stärker als 19.

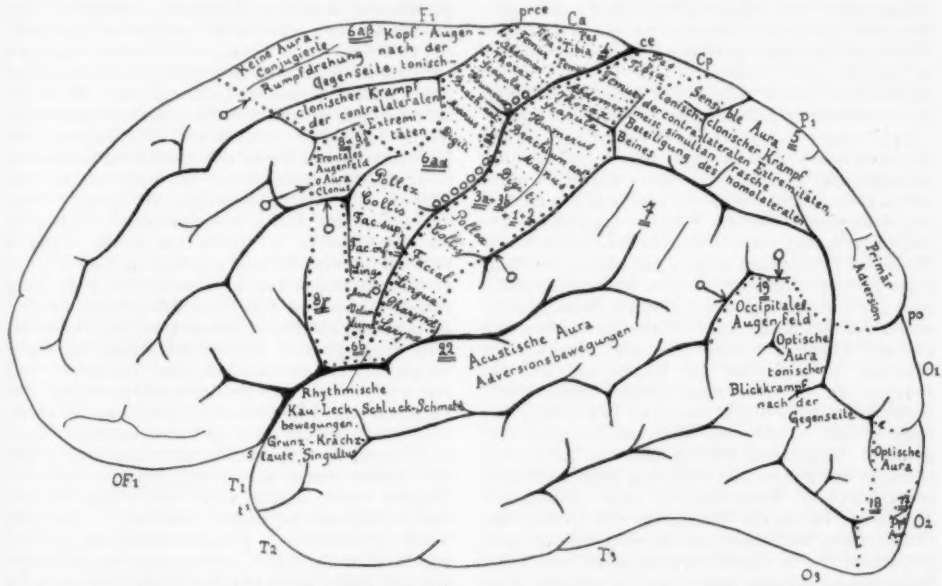



Fig. 4. Bis 1926 von O. FOERSTER erzielte Reizergebnisse auf der Convexität der menschlichen Großhirnhemisphäre, in das Fig. 3 wiedergegebene Schema eingezeichnet.

hat bisher nur nicht diese beiden Gruppen von Bewegungen topisch voneinander differenziert. Innerhalb unseres Gebietes **5a + 5b** hat FOERSTER ebenfalls 2 Unterfelder mit den von uns vorausgesagten physiologischen Differenzen unterschieden. Er hat aber die beiden Felder räumlich noch nicht gegeneinander scharf abgegrenzt. Vom Felde **7** gibt FOERSTER an, daß er vom vordersten Teil ähnliche Bewegungen wie von den Feldern **3a + 3b + 1 + 2** erhält. FOERSTER hat also hier ähnliche Bewegungen wie wir beobachtet. Er hat bisher nur noch nicht den komplexeren Charakter derselben festgestellt. Vom hinteren Teil dieses Feldes erhält er Augenbewegungen wie vom Felde **19**. Also auch hier stimmen unsere Resultate miteinander überein. Vom Felde **22** hat FOERSTER ebenfalls Adversionsbewegungen erzielt. Was endlich die Felder **19**, **18** und **17** anbelangt, so erhielt FOERSTER nur vom Felde **19** Augenbewegungen, während wir bei der Meerkatze weniger ausgesprochene Augenbewegungen auch noch von **18** und **17** erzielten. Dabei haben wir aber auch noch eine qualitative Differenz zwischen den von **19** einerseits und **18 + 17** andererseits erzielten Augenbewegungen festgestellt: die Beeinflussung des Kältenystagmus steht in umgekehrt proportionalem Verhältnis zur Langsamkeit der Augenbewegungen.

So sehen wir eine — man kann wohl sagen — geradezu verblüffende Übereinstimmung zwischen den Feststellungen FOERSTERS und unseren Voraussagungen. Dieselbe beweist die große Bedeutung der mit physiologischen Experimenten einhergehenden vergleichend-architektonischen Rindenfelderung für die Vertiefung der menschlichen Lokalisationslehre und läßt so für die Zukunft noch weitere Einblicke erhoffen.

## Die Schwester der Syphilis (die tropische Framboesie) und ihre Beziehungen zur Lues-Paralysefrage.

Von F. JAHNEL, München.

(Aus der deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie, Kaiser Wilhelm-Institut.)

Der Kampf, welcher gegen die Syphilis seit einigen Jahrhunderten mit Pfeilen aus dem Köcher der Chemie geführt wird, hat in jüngster Zeit durch eine eigenartige, dem Wirken der Natur abgesehene Waffengattung bereichert, eine weitere günstige Wendung genommen. Die Achse der neuen Behandlungsweisen bildet die vor allem der unermüdlichen Arbeit WAGNER-JAUREGGS zu dankende Erkenntnis, daß mit höherem Fieber oder langwierigen Eiterungen einhergehende Infektionskrankheiten den Krankheitsverlauf der progressiven Paralyse zuweilen in überraschender Weise aufzuhalten vermögen. Den ursprünglich in Gestalt von mannigfachen leblosen pyrogenetischen Mitteln (abgetötete Bakterienkulturen in verschiedener Zubereitung, Tuberkulin, Milcheinspritzungen usw.) versuchten Imitationen dieses, als natürliches Ereignis nur selten und zufällig eintretenden Eingriffs in den Paralyseverlauf waren jedoch nicht die gleichen Erfolge beschieden, wie dem durch lebende Erreger ausgelösten Infektionsvorgange, dessen Reproduktion durch methodische Einimpfung relativ harmloser übertragbarer Fieberkrankheiten in unser Belieben gestellt, bald alle anderen sog. unspezifischen Behandlungsverfahren verdrängt hat. Besonders einflußreich auf die Paralyse haben sich zwei Krankheiten erwiesen — auch bei der Tabes und anderen Formen der Syphilis einschließlich ihrer Frühperiode hat man durch sie recht beachtliche Erfolge erzielt — die von WAGNER-JAUREGG eingeführte Malariabehandlung und die Recurrenstherapie von PLAUT und STEINER. Eine zwar auch in cyklischen Fieberanfällen sich austobende Krankheit bildet die Grundlage der letzten Methode, deren Begründer von der Idee geleitet worden waren, durch eine der syphilitischen verwandte Spirochäteninfektion auch auf die erstere übergreifende Abwehrmaßnahmen im erkrankten Organismus auf den Plan zu rufen.

Von anderen Infektionen, welche zu dem besagten Zwecke in Frage kommen, erschienen uns Versuche mit einer Krankheit besonders verlockend, welche sich des nächsten Verwandtschaftsgrades mit der Syphilis rühmen darf, der tropischen Frambœsie. Diese nur in der äquatorialen Zone der Erde (auf Ceylon, Sumatra, Java, manchen Inseln des stillen Ozeans, dem mittelamerikanischen Festlande und Inselreiche sowie in Zentralafrika) heimische Krankheit kommt nur bei unter primitiven Daseinsbedingungen lebenden Eingeborenen vor — Europäer werden nur ganz ausnahmsweise von ihr erfaßt — weil sie im Gegensatz zur Syphilis nicht vorzugsweise durch Kontakt von Schleimhäuten, sondern „extragenital" durch Berührung von erkrankten Hautpartien übertragen wird. Bei einer künstlichen Überimpfung auf Menschen zum Zwecke der Heilbeeinflussung anderer Leiden wäre daher in hygienischer Umgebung eine unbeabsichtigte Weiterverbreitung der Krankheit völlig ausgeschlossen; zudem ist sie leicht heilbar — durch alle in der Syphilisbehandlung erprobten Heilmittel, welche sogar in geringeren Dosen bei ihr eine mächtige Wirkung entfalten, und ist vielerorts infolge zielbewußter Behandlung sämtlicher erkrankten Individuen bereits ausgestorben. Der Primäraffekt der Framboesie, ein mit Borken bedecktes Geschwür, sitzt mit Vorliebe an unbekleideten Körperstellen (den Beinen u. a.). Die Krankheit pflegt auch nicht wie die Syphilis auf das Kind im Mutterleibe übertragen zu werden, im Gegenteil kommt eine Ansteckung der Mutter durch das Kind (beim Stillen oder Tragen) recht häufig vor. Das einige Wochen später folgende sekundäre Stadium — die zeitlichen Abstände der 3 Stadien sind die gleichen wie bei der Syphilis — ist durch das Auftreten von mehr oder weniger zahlreichen himbeerartigen Geschwülstchen auf der Körperoberfläche gekennzeichnet (daher die Bezeichnung Framboesie,

framboise frz. = Himbeere). In manchen Fällen kommt es nach Vernachlässigung der Behandlung in der Spätperiode zu geschwürigen Zerfallsprozessen der Haut und des Knochensystems. Der Erreger der Krankheit, eine von CASTELLANI im Jahre 1905 entdeckte Spirochäte ist in ihrem Aussehen vom Syphiliserreger nicht zu unterscheiden. Auch hinsichtlich der Wassermannschen Reaktion besteht Übereinstimmung zwischen beiden Krankheiten, deren Ähnlichkeiten so groß sind, daß manche Autoren in ihnen nicht zwei verschiedene Leiden, sondern in der Framboesie eine tropische, durch den Einfluß von Klima und Rasse modifizierte Syphilisform erblicken wollten. Die Mehrzahl der kompetenten Tropenärzte vertritt jedoch heute den dualistischen, der Framboesie nosologische Selbständigkeit zuerkennenden Standpunkt.

Die Frage, ob im Gefolge der Framboesie den syphilogenen (Paralyse und Tabes) entsprechende zentralnervöse Erkrankungen vorkommen können, wird von den meisten Autoren verneint. Vereinzelte entgegengesetzt lautende Mitteilungen (z. B. von HARPER) werden auf Verwechslungen mit Syphilis zurückgeführt.

Kehren wir nun zum Ausgangspunkte unserer Betrachtung, der von uns beabsichtigten therapeutischen Verwendung der Framboesie — die hier mitgeteilten Untersuchungen wurden von mir gemeinsam mit LANGE durchgeführt — zurück, so wurden unsere Erwartungen in dieser Richtung leider enttäuscht. Es gelang uns nicht, die Framboesie, welche uns in Form von mit dieser Krankheit infizierter Kaninchen von Herrn Major DR. H. J. NICHOLS in Washington und von Fräulein DR. LUISE PEARCE vom Rockefellerinstitut in New York in dankenswerter Weise überlassen worden war, auf Paralytiker zu übertragen. Diese erwiesen sich nämlich gegen die Einimpfung von Framboesie ebenso immun, wie gegen eine erneute Ansteckung mit Syphilis. Bei der nahen, zwischen Framboesie und Syphilis bestehenden biologischen Verwandtschaft erscheint dieses Ergebnis keineswegs befremdend und eröffnet interessante Perspektiven für das Verständnis gewisser bereits wiederholt behaupteter Beziehungen zwischen Framboesie und Syphilis. In der geographischen Verbreitung der beiden Krankheiten besteht ein eigenartiger Gegensatz; schon öfters hat man die Erscheinung, daß die Syphilis in einer mit Framboesie durchseuchten Bevölkerung nur schwer Fuß zu fassen vermag, auf eine von der Framboesie gegen die syphilitische Ansteckung ausgeübte Schutzwirkung zu erklären versucht, analog der jetzt allgemein in den Dienst zur Blatternverhütung gestellten Kuhpockenerkrankung. Eine weitere Stütze erfährt diese Annahme durch die Experimente, welche der bekannte Framboesieforscher H. J. NICHOLS mitgeteilt hat. Framboesieinfizierte Kaninchen pflegen nach längerem, wenigstens 3 Monate betragenden Intervall auf eine syphilitische Ansteckung nicht mit Ausbildung eines Primäraffektes zu reagieren, während bei kürzeren Zwischenräumen eine folgende Luesinfektion häufiger zu haften vermag. PLAUT und ich konnten in groß angelegten Versuchsreihen an fünf verschiedenen Syphilis- und zwei Framboesiestämmen bestätigen, daß beim Kaninchen Framboesie und Syphilis unter den erwähnten zeitlichen Bedingungen gegeneinander zu schützen vermögen. Ohne die schwierige Frage der wohl auch auf mehrere Ursachen zurückzuführenden Seltenheit der Paralyse und Tabes unter unkultivierten Verhältnissen und in heißen Ländern näher eingehen zu wollen[1]), sei mit aller Reserve die Vermutung ausgesprochen, daß bei manchen Völkern die endemische Framboesie in der hier erörterten die Syphilisansteckung verhütenden Rolle zur Erklärung dieser Erscheinung herangezogen werden könnte. Vielleicht läßt sich die Zunahme der Paralyse auf Java mit einer durch die Framboesiebekämpfung ermöglichten stärkeren Syphilisexpansion in Zusammenhang bringen.

In anderen paralysearmen, jedoch framboesiefreien Ländern (z. B. Kleinasien) herrscht vielfach eine von der unsrigen abweichende sogenannte endemische Syphilis, welche in vieler Beziehung das biologische Zwischenglied der Syphilis und Framboesie zu repräsentieren scheint. Auch bei der Lues unkultivierter Völker ist die Fähigkeit zur Paralyseerzeugung offenbar kaum entwickelt, aber auch diese Syphilisform vermag vor neurotropen Syphilisstämmen zu schützen.

Herr Geheimrat KRAEPELIN brachte unseren Untersuchungen sehr großes Interesse entgegen und hielt die Klärung der hier erörterten Fragestellungen für so wichtig, daß er selbst, gemeinsam mit Herrn Prof. Joh. LANGE, eine Forschungsreise nach Indien und Ceylon beabsichtigt und bereits Vorbereitungen dazu getroffen hatte. Ein tragisches Geschick raffte ihn jedoch vier Wochen vor dem geplanten Reiseantritt hinweg.

Zum Schlusse sei noch ein interessanter Exkurs in die geographisch-historische Pathologie angefügt. Die von 2 menschlichen Krankheitsfällen auf Kaninchen übertragenen Erregerstämme, denen gegenüber wir die Framboesieimmunität der Paralytiker festgestellt haben — sind mittelamerikanischen Ursprungs. Beim Studium der Geschichte der Framboesie stießen wir auf die Behauptung, daß diese Krankheit dort schon lange herrsche und daß die frühesten sie betreffenden Nachrichten aus der Epoche der Entdeckungsfahrten herrühren. Bekanntlich ist, wenigstens von einem Teil der Medizinhistoriker, auch die Heimat der Syphilis in dieselben Länder verlegt und ihre Einschleppung nach Europa in die gleiche Zeit datiert worden. Es wirkt allerdings befremdlich, daß die nämlichen Dokumente von dem einen Lager für den amerikanischen Ursprung der Syphilis, von dem anderen für das präkolumbische Vorkommen der Framboesie in Westindien ins Treffen geführt werden,

[1]) KRAEPELIN hat diese Frage im „Rätsel der Paralyse" (Naturwissenschaften 1924, S. 1121) eingehend erörtert.

und zwar ohne die in der Existenz der Schwesterkrankheit gegebene Alternative entsprechend zu würdigen. So wird OVIEDO Y VALDEZ (1478—1557), der ein umfangreiches Werk über Westindien geschrieben hat, als Kronzeuge von beiden Parteien angerufen. Steigt man aber zu dieser Quelle hinab, so kann es nicht zweifelhaft sein, daß die in Betracht kommenden Stellen des OVIEDOschen Werkes nur auf die Syphilis gemünzt sein können. So berichtet OVIEDO in witziger Doppelzüngigkeit, daß die Einschleppung der Syphilis nach Europa auf „las Indias" zurückzuführen sei (was in spanischer Urschrift sowohl Indien als auch die Indianerinnen bedeutet) und fügt hinzu, daß die Begleiter des Columbus diese von den eingeborenen Weibern erworbene Krankheit nach Europa importiert hätten. Indes ist die Glaubwürdigkeit des OVIEDO Y VALDEZ, der bei der Entdeckung der neuen Welt nicht zugegen war, aus verschiedenen, hier nicht zu erörternden Gründen angezweifelt und sein Bericht auf die gleiche Stufe gestellt worden, wie der Kohl seines Zeitgenossen und Landsmannes DIAZ DE ISLA, welcher mit der damaligen Syphilisepidemie in Europa eine Krankheit des Kohles und anderer Pflanzen (auf diese angeblich durch das Aufhängen der Wäsche von Syphilitikern übertragen), in Zusammenhang gebracht hat. Auch heute glimmt der um die columbische Herkunft der Syphilis entbrannte Streit weiter, wenngleich jetzt die den amerikanischen Syphilisursprung bezeugenden Dokumente etwas niedriger im Kurs stehen. Vielleicht kann diese Frage nie entschieden werden, weil die uns überlieferten Urkunden wohl subjektive Auslegungen, aber keine Aussage von ungeteilte Zustimmung erzwingender Gewißheit erlauben, es sei denn, daß neue Funde gemacht werden, welche eine Klarstellung dieser Angelegenheit gestatten. Aus dem gleichen Grunde und in Ermangelung von in diesem Sinne verwertbaren biologischen Indizien wird auch die ansprechende Vermutung, die Framboesie sei die phylogenetisch ältere Krankheit, aus der die Syphilis hervorgegangen sei — übrigens hat auch die entgegengesetzte Meinung vereinzelte Vertreter — wohl unbeantwortet bleiben müssen.

## Über die neuen Fällungs- und Adsorptionssätze und einige ihrer Ergebnisse.

Von OTTO HAHN, Berlin-Dahlem.

Experimentelles Material in Gemeinschaft mit OTTO ERBACHER und NORA FEICHTINGER.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie.)

In einer vor kurzem erschienenen Mitteilung[1]) über: „Gesetzmäßigkeiten bei der Fällung und Adsorption kleiner Substanzmengen und ihre Beziehung zur radioaktiven Fällungsregel" wurden zwei Sätze aufgestellt, von denen sich der eine auf die Fällung, der andere auf die Adsorption kleiner Substanzmengen mit Niederschlägen anderer chemischer Zusammensetzung bezieht. Der Fällungssatz wurde folgendermaßen formuliert: *Ein Element wird aus beliebig großer Verdünnung mit einem krystallisierenden Niederschlag dann ausgefällt, wenn es in das Krystallgitter des Niederschlags eingebaut wird, also Mischkrystalle mit den Ionen des krystallisierenden Niederschlags bildet. Tut es dies nicht, dann bleibt es im Filtrat, auch wenn seine Verbindung mit dem entgegengesetzt geladenen Bestandteil des Gitters in dem betreffenden Lösungsmittel beliebig schwer löslich ist.*

Der Adsorptionssatz lautet: *Ein Element wird aus beliebig großer Verdünnung an einem Niederschlag (Adsorbens) dann adsorbiert, wenn dem Niederschlage eine der Ladung des zu adsorbierenden Elementes entgegengesetzte Oberflächenladung erteilt worden und die adsorbierte Verbindung in dem vorliegenden Lösungsmittel schwer löslich ist.*

Wir sind der Meinung, daß diese beiden Sätze an die Stelle der bisher als gültig angenommenen Fällungs- und Adsorptionsregeln von FAJANS und PANETH[2]) treten sollen, weil die letzteren, trotz ihrer zur Zeit ihrer Aufstellung zweifellosen Fruchtbarkeit, sich durch neuere Untersuchungen in mancherlei Punkten als nicht zutreffend erwiesen haben. Nach der FAJANSschen Fällungsregel fällt ein Element aus einer äußerst verdünnten Lösung mit dem Niederschlage eines anderen Elementes dann aus, wenn dieses unter Bedingungen gefällt wird, unter denen jenes ausfallen würde, wenn es in wägbaren Quantitäten zugegen wäre. Ganz analog werden nach der PANETHschen Adsorptionsregel von einem Ionengitter diejenigen Ionen relativ gut adsorbiert, deren Verbindung mit dem entgegengesetzt geladenen Bestandteil des Gitters in dem betreffenden Lösungsmittel schwer löslich ist. Nach diesen Regeln spielt die Schwerlöslichkeit der niederzuschlagenden Verbindung die Hauptrolle; die Fällung resp. Adsorption ist um so vollständiger, je weniger löslich die Verbindung des zu fällenden Elements mit dem entgegengesetzt geladenen Bestandteil des Niederschlags ist. Die weiter unten angeführten Beispiele von Fällungs- und Adsorptionsversuchen stehen fast alle mit diesen Regeln im Widerspruch.

Sowohl die früheren Versuche von FAJANS und PANETH als die neueren des Verfassers wurden mit radioaktiven Atomarten angestellt, weil hier der Nachweis und die quantitative Bestimmung kleinster Substanzmengen nach radiochemischen Methoden leicht durchführbar ist.

### I. Der Fällungssatz.

Nach der bisherigen Fällungsregel sollten die Lösungen der radioaktiven Isotopen des Bleies

[1]) O. HAHN, Ber. d. dtsch. chem. Ges. **59**, 2014. 1926.

[2]) Literaturnachweise siehe in der unter [1]) erwähnten Arbeit der Verf.

und Radiums, wenn die Regel konsequent durchgeführt wird, z. B. mit allen Sulfaten, Carbonaten und Jodiden unterhalb ihres Löslichkeitsproduktes vollständig ausgefällt werden, denn die entsprechenden Blei- und Radiumsalze sind sehr schwer lösliche Verbindungen. [Da beim Auskrystallisieren des leicht löslichen Ammoncarbonats aus seiner übersättigten Lösung bei Anwesenheit eines radioaktiven Bleiisotops (ThB) letzteres nicht mit ausfiel, beschränkte übrigens schon FAJANS die Gültigkeit der Fällungsregel auf solche Fälle, in denen auch der das Radioelement mitfällende Niederschlag schwer löslich ist.] Nach unserem oben definierten Fällungssatz sollte dagegen das Radioelement nur dann ausgefällt werden, wenn es Mischkrystalle mit den betreffenden krystallisierenden Niederschlägen bildet, also in das Gitter eingebaut wird. Da eine solche Mischkrystallbildung sicher nicht immer stattfindet, müssen sich viele Fälle finden lassen, wo das Radioelement nicht mit ausfällt. Fällt es dagegen mit einem gut krystallisierenden Niederschlage aus, dann ist, wie wir zu zeigen glauben, der Schluß auf Mischkrystallbildung zwischen dem Niederschlage und dem in unwägbar geringer Menge vorhandenen Radioelement zwingend, auch wenn von einer Isomorphie oder Mischkrystallbildung der betreffenden Salze unter den üblichen Mischungsverhältnissen bisher nichts bekannt ist.

Einige Beispiele werden dies wohl am besten klarmachen, sie sind teilweise der oben zitierten Arbeit der Verf. entnommen, z. T. rühren sie von neuen Versuchen her.

### *Gips.*

1. Krystallisation von Gips bei Anwesenheit von ThX (Radium):

(Löslichkeit von $RaSO_4$ in Gramm pro 100 g $H_2O$ $= 2.10^{-6}$!)

| Art der Fällung | gefällte Gipsmenge | gefällte ThX-Menge |
|---|---|---|
| Aus heißer übersättigter Lösung auskrystallisieren lassen. | 67,5% | 2,0% |
| Dasselbe aus kalter Lösung . . | 40% | 2,3% |

2. Krystallisation von Gips bei Anwesenheit von ThB (Blei):

(Löslichkeit von $PbSO_4$ in Gramm pro 100 g $H_2O$ $= 4.10^{-3}$.)

| Art der Fällung | gefällte Gipsmenge | gefällte ThB-Menge |
|---|---|---|
| Aus heißer übersättigter Lösung (verschiedene Volumina) . . | 48% | 1,2 % |
| Dasselbe . . . . . | — | 2,7 % |
| Dasselbe bei Anwesenheit von 10proz. $H_2SO_4$ im Überschuß | 50% | 3,8% |

Der Gips ist ein in Wasser ziemlich schwer löslicher Körper. Das Radiumsulfat (ThX-Sulfat) löst sich aber noch 100 000 mal schwerer. Trotzdem wird es mit dem Gips nicht mit ausgefällt: das Radiumsulfat, wie das auch sehr schwer lösliche Bleisulfat, sind nicht befähigt, mit dem Gips Mischkrystalle zu bilden, sie bleiben im Filtrat.

### *Kaliumsulfat, Aluminiumsulfat und Kalium-Aluminiumsulfat, (Alaun).*

Sehr viel leichter löslich als der Gips ist das Kaliumsulfat. Man sollte also vermuten, daß auch beim Krystallisieren oder Ausfällen von Kaliumsulfat bei Anwesenheit von ThB (Blei) letzteres in Lösung bleibt. Dies ist aber durchaus nicht der Fall.

Kaliumsulfat wurde unter den verschiedensten Bedingungen aus übersättigter Lösung zum Krystallisieren gebracht. Durch langsame Abkühlung der gesättigten wässerigen Lösung wurden sehr schöne Krystalle erzielt, durch Krystallisation aus verdünntem Alkohol fast die Gesamtmenge zur Abscheidung gebracht; es wurde bei Überschuß von $SO_4$-Ionen und bei Überschuß von K-Ionen gearbeitet: In allen Fällen kamen über 70% des Thorium B mit den Krystallen heraus; im Falle der sehr reichlichen Kaliumsulfatabscheidung aus verdünnter Alkohollösung sogar 88%.

Dies spricht überzeugend dafür, daß das rhombisch krystallisierende Bleisulfat in der geringen Konzentration, in der es als Thor-B vorliegt, mit dem ebenfalls rhombischen, aber mit Bleisulfat nicht isomorphen Kaliumsulfat Mischkrystalle bildet.

Beim Aluminiumsulfat liegen die Verhältnisse komplizierter. Um das Aluminiumsulfat aus einer heißen gesättigten Lösung zum Krystallisieren zu bringen, wurde die Lösung mit etwa dem gleichen Volum Alkohol versetzt und langsam abkühlen lassen. Man erhält das Sulfat — wahrscheinlich ein Dekahydrat — in sehr kleinen aber deutlichen Kryställchen. Diese Kryställchen enthalten den größten Teil der vorher zugesetzten Thor-B-Menge. Es sieht also so aus, als ob das Thor-B mit diesem Aluminiumsulfat Mischkrystalle bildet. Arbeitet man aber in stark salzsaurer Lösung, dann gelingt es, Krystalle von Aluminiumsulfat zu erhalten, die praktisch frei sind von ThB. Ob hier das Aluminiumsulfat in einer anderen Hydratform als oben ausgeschieden wurde, die nicht befähigt ist, mit dem Thor-B Mischkrystalle zu bilden, oder ob durch die Zurückdrängung der hydrolytischen Spaltung des Aluminiumsalzes durch die freie Säure sekundäre Störungen vermieden werden, die im ersteren Falle wirksam waren, können erst weitere Versuche entscheiden.

Ganz eindeutig sind dagegen die Ergebnisse mit dem regulär krystallisierenden Kalium-Aluminiumsulfat, dem Alaun. Das Thor-B wird beim Auskrystallisieren des Alauns in keinem Falle niedergeschlagen, es bleibt quantitativ in Lösung. Hier kann also von Mischkrystallen keine Rede sein.

Wir haben also das interessante Resultat, daß die einfachen Salze, Kaliumsulfat und Aluminiumsulfat, ersteres immer, letzteres meistens, das Thor-B zum großen Teil mit zum Ausfallen bringen, das Doppelsalz aus Kalium- und Aluminiumsulfat sich aber ganz anders verhält. Augenscheinlich ist es die verschiedene Gitterstruktur der einfachen Salze gegenüber dem

Alaun, die dieses unterschiedliche Verhalten gegenüber dem Bleiisotop verursacht.

*Natriumsulfat.*

Da das ohne Krystallwasser krystallisierende rhombische Kaliumsulfat das Thor-B-Sulfat unter Mischkrystallbildung in sein Gitter einbaut, war es interessant, das mit 10 Mol. Wasser krystallisierende monokline Natriumsulfat ebenfalls zu untersuchen.

Die Resultate ergaben, daß das Natriumsulfat keinerlei Thor-B in sein Gitter aufnimmt; es verhält sich also hierin wie der Alaun. Die Herstellung der Präparate geschah durch Auskrystallisieren der mit Thor-B versetzten übersättigten Lösungen; 98—99% des Thor-B befanden sich im Filtrat; das Ergebnis war das gleiche, ob die Krystallisation bei einem Überschuß von $SO_4$-Ionen oder Na-Ionen vor sich ging.

Diese wenigen charakteristischen Beispiele an einigen Sulfaten zeigen, daß für die Ausfällung eines Elementes unterhalb seines Löslichkeitsproduktes in der Tat nicht die Schwerlöslichkeit des Elementes der ausschlaggebende Teil ist, sondern dessen Fähigkeit, in dem Gitterverband des auskrystallisierenden Niederschlags aufgenommen zu werden. Diese Erkenntnis, in Verbindung mit den in der obenerwähnten Mitteilung des Verfassers gegebenen weiteren Beispielen, bei denen sehr schwer lösliche Niederschläge wie Quecksilberjodid, Kalomel u. a. die analogen schwer löslichen Verbindungen des Bleies (in Form von ThB) absolut nicht mit ausfällen, scheint uns die Richtigkeit des oben formulierten neuen Fällungssatzes zu beweisen. Wir verhehlen uns dabei nicht, daß der Satz in dieser einfachen Fassung wohl nur das Hauptprinzip bei derartigen Krystallisationen wiedergibt, und daß beim systematischen Studium vielleicht noch Einflüsse aufgefunden werden, die dazu führen können, den Satz in der einen oder anderen Richtung zu ergänzen. Sehr viel mehr Salze müssen daher noch untersucht und die Bedingungen der Krystallisation variiert werden, um ein größeres Versuchsmaterial zu beschaffen.

Ergeben sich dieselben Resultate wie bisher, so haben wir hier eine Methode zum Nachweis von Mischkrystallen bei extrem verschiedenen Konzentrationen der Komponenten. Denn daß es sich in den Fällen, wo das Radioelement mit einem krystallisierenden Niederschlag ausfällt, um Mischkrystalle handelt und nicht um zufällige lokale Einschlüsse, glauben wir bereits durch die bisherigen Versuche bewiesen zu haben.

## II. Der Adsorptionssatz.

Der eingangs wiedergegebene im Anschluß an Versuche von LOTTERMOSER und von FAJANS und v. BECKERATH an Halogensilbersolen aufgestellte Adsorptionssatz bezieht sich auf solche Fälle, wo ein Element unterhalb seines Löslichkeitsproduktes mit einem Niederschlage „mitgerissen" wird, auch wenn es nicht durch eigentliche Mischkrystallbildung in den Gitterverband der ausfallenden Verbindung aufgenommen wird.

Wird dem Niederschlage eine der Ladung des zu adsorbierenden Elementes entgegengesetzte Oberflächenladung erteilt — durch Betätigung von Restvalenzen des Gitters gegenüber einem in Überschuß in der Lösung vorhandenen polaren Bestandteil des Gitters —, dann wird das Element adsorbiert und es bleibt adsorbiert, wenn die adsorbierte Verbindung in dem vorliegenden Lösungsmittel schwer löslich ist. In der *Grenz*fläche tritt also eine Überschreitung des Löslichkeitsproduktes ein, das in der Lösung selbst bei weitem nicht erreicht zu sein braucht. Diese Fälle von Oberflächenadsorption treten vor allem an feinverteilten Niederschlägen ein und sind auf einfache Weise von den Fällungen unter Mischkrystallbildung zu unterscheiden. Im ersteren Falle wird je nach der Ladung, die dem ausfallenden Niederschlag erteilt wird, das Element adsorbiert oder bleibt in Lösung; bei den Mischkrystallen findet diese willkürliche Beeinflußbarkeit nicht statt.

Ein paar Beispiele, z. T. der früheren Arbeit entnommen, z. T. von neuen Versuchen herrührend, sollen diese willkürliche Beeinflußbarkeit bei Adsorptionsreaktionen illustrieren.

*Schnelle Fällung von Gips.*

Der langsam auskrystallisierende Gips *fällt* kein Radium oder Thor-B, weil Radiumsulfat und Bleisulfat nicht in das Gitter des Gipses eingebaut werden (s. oben).

Der schnell in oberflächenreicher Form ausfallende Gips ***adsorbiert*** Radiumsulfat und Bleisulfat, wenn der Niederschlag durch überschüssige $SO_4$-Ionen negativ aufgeladen wird; er adsorbiert die betreffenden Elemente nicht, wenn seine Ladung durch überschüssige Ca-Ionen positiv ist.

a) Schnelle Fällung von Gips bei Anwesenheit von ThB (Blei) durch Alkohol:

| 1. Überschuß von: | gefällte Gipsmenge | adsorbierte ThB-Menge |
|---|---|---|
| 5% $H_2SO_4$ | 91,4 | 88,0% |
| 10% $H_2SO_4$ | 93% | 85,6% |
| 10% $H_2SO_4$ | 95,8% | 92,2% |
| 1000% $H_2SO_4$ | 100% | 98,4% |
| **2. Überschuß von:** | | |
| 10% $CaCl_2$ | 85,4% | 5,2% |
| 20% $CaCl_2$ | 98,3% | 3,6% |
| 100% $CaCl_2$ | 97,9% | 2,6% |
| 100% $CaCl_2$ | 99,7% | 2,8% |
| 700% $CaCl_2$ | 100% | 1,7% |

b) Schnelle Fällung von Gips bei Anwesenheit von ThX (Ra) durch Alkohol:

Die Versuche geschahen wie unter a).

| Überschuß von: | gefällte Gipsmenge | adsorbierte ThX-Menge |
|---|---|---|
| 10% $H_2SO_4$ | 70% | 30,1% |
| 260% $H_2SO_4$ | 95% | 92% |
| 10% $CaCl_2$ | 70% | 5,2% |

*Schnelle Fällung von Natriumsulfat.*

Ähnlich wie der Gips verhält sich das Natriumsulfat. Beim langsamen Krystallisieren fällt, wie wir gesehen haben, kein Thor-B (Blei) mit; wird dagegen die Ausfällung schnell bei einem Überschuß von $SO_4$-Ionen vorgenommen, dann wird ein beträchtlicher Teil des positiv geladenen ThB an dem negativ geladenen Natriumsulfat adsorbiert. Die Versuche wurden so angestellt, daß die übersättigte Natriumsulfatlösung bei Anwesenheit von ThB und $H_2SO_4$ in ca. 50proz. Alkohol eingegossen wurden.

Bei einem Überschuß von 35% $H_2SO_4$ wurden 29% ThB adsorbiert; bei einem Überschuß von 65% $H_2SO_4$ wurden 41% ThB adsorbiert.

Daß die Adsorption nicht so vollständig ist wie bei den entsprechenden Versuchen mit Gips und Thor-B, rührt vermutlich daher, daß die Ausscheidung des Natriumsulfats nicht so schnell und damit nicht so in oberflächenreicher Form gelingt wie beim Gips. Verwendet man nämlich allzu konzentrierte Natriumsulfatlösungen oder gießt in höherprozentigem Alkohol ein, dann fällt das Sulfat leicht in öliger Form aus, das erst nach einiger Zeit krystallinisch erstarrt. Ein solcher Versuch ist dann natürlich nicht einwandfrei.

*Fällung von Silberjodid.*

a) bei Überschuß von Ag-Ionen.

| Überschuß von: | adsorbierte ThB-Menge |
|---|---|
| 10% $AgNO_3$ . . . . . | 4,5% |
| 50% $AgNO_3$ . . . . . | 3,6% |
| 100% $AgNO_3$ . . . . . | 2,0% |

b) bei Überschuß von J-Ionen.

| Überschuß von: | adsorbierte ThB-Menge |
|---|---|
| 10% KJ . . . . . | 46,1% |
| 10% KJ . . . . . | 50,6% |
| 100% KJ . . . . . | 51,5% |
| 700% KJ . . . . . | 19,6% |
| 2400% KJ . . . . . | 1,1% |

Bei einem Überschuß von positiven Ag-Ionen wird praktisch kein Blei adsorbiert. Bei einem Überschuß von Jodionen tritt bei mäßigem Überschuß des negativen Ions eine beträchtliche Adsorption ein, die bei steigendem Überschuß von Jodionen wieder zurückgeht. Die Ursache für dieses schon in unserer ersten Mitteilung diskutierte Verhalten ist vermutlich in einem Ladungswechsel entweder des Niederschlags oder wahrscheinlicher des Bleiions (Komplexbildung) in der Lösung zu suchen.

*Fällung von Kalomel ($Hg_2Cl_2$).*

Ganz kurz sei noch auf das Verhalten des Kalomels eingegangen. Obgleich das Kalomel ein äußerst schwer löslicher Niederschlag ist, der sich in sehr oberflächenreicher Form abscheidet, gelang es uns in keinem Fall, ThB mit dem Kalomel niederzureißen. Die Fällungen wurden aus Mercuronitrat und Salzsäure und Mercuronitrat und Natriumchlorid unter den verschiedensten Bedingungen ausgeführt. Selbst bei einem Überschuß von 50% Cl-Ionen, wo man also eine beträchtliche negative Aufladung des Niederschlags während seiner Entstehung erwarten sollte, fanden sich 99,6% des ThB in dem Filtrat. Das Kalomel scheint mit keinerlei Mittel zu einer Adsorption des Bleies zu bringen zu sein. Vielleicht hängt dies mit der Gitterstruktur des Kalomels zusammen. Es bildet nach neueren Versuchen von MARK und STEINBACH[1]) ein typisch homöopolares Gitter. Augenscheinlich sind hier keine Restvalenzen vorhanden, die befähigt wären, das Gitter, wie in den obengenannten Fällen, je nach den zur Verfügung stehenden überschüssigen positiven oder negativen Bestandteilen durch deren Anlagerung positiv oder negativ aufzuladen. Ob dieser Erscheinung eine allgemeinere Bedeutung, etwa zur Unterscheidung gewisser typisch homöopolarer Gitter von heteropolaren Gittern, beizumessen ist, müssen erst weitere Versuche entscheiden.

(Die große Adsorptionsfähigkeit der Kohle braucht in dieser Beziehung nicht als Grund gegen diese Auffassung angesehen zu werden. Die Adsorptionskräfte der Kohle sind nicht polarer, elektrostatischer Natur, wie ja die starke Adsorption von Gasen, selbst Edelgasen, an Kohle beweist.)

Häufiger als das *Ausbleiben* einer erwarteten Adsorption, wie bei dem Kalomel, wird das *Eintreten* einer Adsorption an sehr oberflächenreichen, fast amorphen Niederschlägen beobachtet, bei denen eine Adsorption nach unserem Adsorptionssatz eigentlich nicht erwartet werden sollte. Die Gründe hierfür wurden schon in der 1. Mitteilung[2]) über diesen Gegenstand diskutiert. Sie sind im wesentlichen in der „quasi kolloiden" Natur der zur Untersuchung verwandten Radioelemente begründet und sprechen nicht gegen die prinzipielle Richtigkeit des Adsorptionssatzes auch in Fällen extrem großer Oberflächen.

[1]) H. MARK und J. STEINBACH, Zeitschr. f. Krystallograph. 64, 178. 1926.

[2]) O. HAHN, l. c.

## Experimentelle Bestimmung der Reichweite homogener β-Strahlen.

Von LISE MEITNER, Berlin-Dahlem.
Nach gemeinsamen Versuchen mit W. SANTHOLZER.
(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie.)

Wenn ein schnellbewegtes elektrisch geladenes Teilchen, wie es ein α- oder ein β-Strahl darstellt, durch Materie hindurchfliegt, so übt es auf seinem Wege bekanntlich auf die von ihm getroffenen Moleküle ionisierende Wirkungen aus, die eine Verausgabung seiner kinetischen Energie bedingen. Das Teilchen wird daher längs einer ganz bestimmten Strecke seine Energie und damit seine

Geschwindigkeit aufbrauchen, welche Strecke man als Reichweite bezeichnet. Es ist klar, daß die Reichweite von der Anfangsenergie des Teilchens und der Natur der durchlaufenen Substanz abhängen muß. Bei den α-Strahlen ist die theoretische Begründung und der experimentelle Nachweis der Existenz einer solchen Reichweite schon im Jahre 1904 von W. H. BRAGG[1]) gegeben worden. Er konnte zeigen, daß α-Strahlen einheitlicher Geschwindigkeit im selben Medium alle die gleiche Strecke zu durchlaufen vermögen, die z. B. für die α-Strahlen des Radiums in Luft (von normalem Druck und 15° C) 3,39 cm beträgt. Die größte gemessene Reichweite von α-Strahlen beträgt — wenn man die so genannten „weitreichenden" α-Strahlen mit einbezieht — 11,3 cm in Luft.

Während so bei den α-Strahlen sehr früh erkannt worden war, daß mit dem Ionisierungsprozeß notwendig das Auftreten einer definierten Wirkungsstrecke — Reichweite — verknüpft sein muß, war bei den β-Strahlen der Absorptionsvorgang beim Durchdringen von Materie lange umstritten. Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, daß bei den α-Strahlen die Verhältnisse besonders übersichtlich liegen. Die α-Strahlen, die von einer bestimmten radioaktiven Substanz ausgesandt werden, besitzen alle die gleiche Geschwindigkeit, also auch die gleiche Anfangsenergie. Wegen ihrer großen Masse werden sie beim Zusammentreffen mit Atomen oder Molekülen nicht aus ihrer Bahn abgelenkt, sie fliegen daher geradlinig durch die Substanzen hindurch, und ihre Reichweite ist einfach durch die geradlinige Entfernung von ihrem Ausgangspunkt bis zum Ende ihrer Wirkungsfähigkeit gegeben. Außerdem sind die Geschwindigkeiten aller bekannten α-Strahlengruppen von der gleichen Größenordnung, sie liegen alle zwischen $1{,}5 \cdot 10^9$ und $2{,}2 \cdot 10^9$ cm/sec. Ganz anders ist es bei den Elektronenstrahlen. Wir können Elektronenstrahlen nachweisen von weniger als 100 Volt Energie bis zu den schnellsten β-Strahlen mit mehr als 2 Millionen Volt Energie[2]). Das bedeutet einen Geschwindigkeitsbereich im Verhältnis von etwa 1 : 100. Wegen ihrer kleinen Masse werden nun die Elektronen beim Zusammenstoß mit den Atomen und Molekülen sehr erhebliche Richtungsänderungen erfahren, sie werden im allgemeinen keineswegs geradlinig durch eine Substanz hindurchlaufen, und dieser Effekt der „Zerstreuung" überwiegt um so mehr, je kleiner die Geschwindigkeit der Elektronen ist. Aber selbst bei Elektronenstrahlen von etwa 50 000 Volt ist die Zerstreuung durch die durchlaufene Materie noch groß, und da die Zerstreuung in Abhängigkeit von der Dicke der durchlaufenen Schicht durch ein Exponentialgesetz wiedergegeben wird, so ist vielfach noch bis in die Gegenwart geschlossen worden, daß die Absorption der β-Strahlen entgegen dem Verhalten der α-Strahlen einem Exponentialgesetz genüge und die β-Strahlen also keine definierte Reichweite besitzen können.

Demgegenüber hat H. W. BRAGG[1]) schon sehr früh betont, daß die Absorptionsvorgänge der α- und β-Strahlen ganz parallel verlaufen, wenn man von dem praktisch sehr seltenen Fall absieht, daß ein β-Strahl bei der Erzeugung eines Röntgenstrahls plötzlich seine ganze Energie verliert. Man hat also auch bei den β-Strahlen — neben der Streuung, die je nach der Strahlengeschwindigkeit eine vielfach gekrümmte Bahn des Teilchens bedingt[4]) — den Energieverlust des β-Teilchens infolge der Ionisation längs seiner Bahn, d. h. das β-Teilchen besitzt eine definierte Reichweite; nur ist diese jetzt nicht durch den geradlinigen Abstand zwischen Ausgangspunkt des Elektrons und Ende seiner Wirkungsfähigkeit gegeben, sondern man muß die wirklich durchlaufene Bahn ausmessen, um die Reichweite zu erhalten. Ein indirektes Verfahren, die *relativen* Reichweiten der β-Strahlen in verschiedenen Substanzen zu bestimmen, hat BRAGG[2]) schon im Jahre 1910 angegeben. N. BOHR[3]) hat dann später die Theorie der Bremsung der (α- und) β-Strahlen beim Durchgang durch Materie entwickelt und sie an Absorptionsmessungen nach der Ionisationsmethode geprüft, wobei die von ihm berechneten *relativen* Reichweiten der β-Strahlen sich in befriedigender Übereinstimmung mit den Messungen erwiesen.

Die beste Stütze aber erhielt die Annahme der definierten Reichweiten bei β-Strahlen durch die von C. T. R. WILSON entwickelte Nebelmethode, die es gestattet, die Bahn eines einzigen β-Strahles nachzuweisen. Das Prinzip der Methode beruht ja bekanntlich darauf, daß, wenn man einen staubfreien Gasraum, der mit Wasserdampf gesättigt ist, plötzlich expandiert, Kondensation der Wassertröpfchen nur an Ionen eintritt. Läßt man also einen β-Strahl vor der Expansion eintreten, so wird Nebelbildung nur an den von dem β-Strahl gebildeten Ionen stattfinden, d. h. also längs der Bahn des β-Strahls. Man erhält auf diese Weise die wirkliche Bahn des β-Strahls und kann somit auch seine absolute Reichweite in dem betreffenden Gas bestimmen.

Wie schon eingangs gesagt, wird die Reichweite in einer und derselben Substanz (bei gleichem Druck und gleicher Temperatur) nur von der Anfangsgeschwindigkeit des β-Strahls abhängen. Da die BOHRsche Theorie, indem sie bestimmte Voraussetzungen macht über die Vorgänge beim Zusammenstoß zwischen einem schnellbewegten Elektron und einem Atom, den Zusammenhang

[1]) W. H. BRAGG, Philosoph. mag. (6) **8**, 719, 1904.

[2]) Die Bezeichnung „ein Elektron besitzt 100 Volt Energie", besagt, daß man es ein Potentialgefälle von 100 Volt durchlaufen lassen müßte, damit es die Energie erhält, die es tatsächlich hat.

[1]) H. W. BRAGG l. c.

[2]) H. W. BRAGG, Philosoph. mag. (6) **20**, 385, 1910.

[3]) N. BOHR, Philosoph. mag. (6) **25**, 10. 1913 und **30**, 581, 1915.

[4]) Vgl. B. F. I. SCHONLAND, Proc. Roy. Soc. **108**, 187, 1925.

zwischen Reichweite und Geschwindigkeit berechnen läßt, so kann man die Theorie durch Messung der Reichweiten, die zu einer bestimmten β-Strahlengeschwindigkeit gehören, prüfen. Messungen dieser Art sind für schnellere Elektronenstrahlen bisher nur in einer Arbeit von C. T. R. WILSON[1]) ausgeführt worden, wobei aber die Geschwindigkeit der untersuchten β-Strahlen nicht genau bekannt war. C. T. R. WILSON verwendete nämlich die von Röntgenstrahlen in Luft erzeugten sekundären β-Strahlen und erschloß ihre Energie aus der Energie der Röntgenstrahlen bzw. aus der durch eine Funkenstrecke bestimmten effektiven Spannung der Röntgenröhre.

Es schien daher von Interesse, Reichweitemessungen an β-Strahlen auszuführen, deren Geschwindigkeit genauer bekannt ist. Als geeignete Strahlenquelle bietet sich dafür das Bleiisotop Radium D, das ein Zerfallsprodukt der Radiumreihe ist und β-Strahlen aussendet, deren Geschwindigkeiten durch magnetische Ablenkungsmessungen bestimmt worden sind. Der umfaßte Geschwindigkeitsbereich ist relativ klein, es sind im wesentlichen 2 starke β-Strahlgruppen von rund 34 und 39% Lichtgeschwindigkeit, entsprechend einer Energie von 31 200 bzw. 43 100 Volt vorhanden.

Da man von vornherein abschätzen kann, daß β-Strahlen von solcher Geschwindigkeit, in Luft von normalem Druck nur geringe Reichweiten besitzen können, wurden die Wilsonaufnahmen bei Unterdruck ausgeführt. Die Reichweite ist, wie leicht einzusehen, umgekehrt proportional dem Druck, und durch Verwendung kleiner Drucke kann man die Reichweite und damit die Genauigkeit der Ausmessung entsprechend vergrößern.

Auf die Einzelheiten der Versuchsanordnung soll hier nicht näher eingegangen werden, nur ein paar prinzipielle Punkte seien hervorgehoben. Das die β-Strahlen aussendende Radium D-Präparat mußte sich in der Nebelkammer selbst befinden und die Apparatur so angeordnet sein, daß jeder gewünschte Druck in der Nebelkammer eingestellt werden konnte. Das Radium-D-Präparat wurde durch kurze Exposition eines kleinen Platinköpfchens (etwa 1 mm im Durchmesser) in Radiumemanation gewonnen, so daß es praktisch ganz frei von seinen Zerfallsprodukten Radium E und Polonium war und nur die ihm selbst zugehörigen oben angeführten 2 β-Strahlengruppen emittierte. Die Stärke des Präparates wurde so gewählt, daß auf jeder photographischen Aufnahme nur sehr wenig β-Strahlbahnen auftraten, damit ihr Verlauf mit Sicherheit verfolgt werden konnte. Da die Bahnen der β-Strahlen, wie schon erwähnt, keineswegs geradlinig sind, wird man natürlich nur diejenigen Bahnen in ihrer richtigen Länge erhalten, die in der Nebelkammer in einer zur photographischen Platte parallelen Ebene verlaufen; alle andern Bahnen erscheinen auf der photographischen Platte verkürzt. Es wurden daher stereoskopische Aufnahmen ausgeführt und zur Ausmessung der Reichweite nur diejenigen Bahnen herangezogen, die im Stereoskop betrachtet, einen angenähert ebenen Verlauf aufweisen. Da die Tiefenschärfe der verwendeten Objektive genau bekannt ist, so läßt sich auch mit ihrer Hilfe die durch den räumlichen Verlauf der β-Strahlen bedingte maximale Bahnverkürzung abschätzen. Durch den Ausschluß aller stärker räumlich gekrümmten Bahnen konnten, trotzdem etwa 400 Aufnahmen gemacht wurden, nur 83 Bahnen verwendet werden. Bei den meisten Messungen betrug der angewendete Enddruck 20 cm bzw. 10 cm, es wurden aber auch Aufnahmen bei dazwischen liegenden Drucken ausgeführt. Ein Beispiel einiger bei 20 cm Enddruck erhaltener β-Strahlenbahnen zeigt die Figur 1 in etwa 1,6facher Vergrößerung.

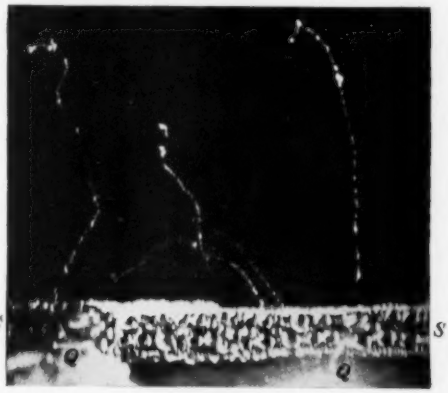



Fig. 1. Bahnen der β-Strahlen von RaD in Luft von 20 cm Druck.

*Q* bezeichnet die punktförmigen Strahlenquellen, *SS* den sich nach abwärts bewegenden Metallschirm (auf dem sich Wassertröpfchen niedergeschlagen hatten), über den hinweg die Strahlen in die Nebelkammer eintreten.

Die Ausmessung der Bahnlängen erfolgte in der Weise, daß die Aufnahmen in 4facher Vergrößerung projiziert und die Bahnen längs aller Krümmungen und unter Einschluß evtl. Abzweigungen mit einem Meßzirkel abgetastet wurden. Da ohne Spalt gearbeitet werden mußte und der Schirm die β-Strahlen im letzten Fünftel seiner Abwärtsbewegung bereits in die Kammer eintreten ließ, so schwankte der Druck, bei dem die Strahlen sich ausbilden konnten, um maximal 6%. Dies bedingt eine erhebliche Streuung und vor allem Verkürzung der mittleren Reichweite, die aber neben der räumlichen Verkürzung nicht in Betracht kommt und mit dieser zusammen korrigiert wurde.

[1]) C. T. R. WILSON, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **107**, 1 u. 192, 1923.

Die Fig. 2 zeigt die Verteilungskurve der ausgemessenen Bahnlängen, also Reichweiten. Als Abscissen sind die Mittelwerte der Bahnlängen aufgetragen, bezogen auf 760 mm Druck und Zimmertemperatur, wobei Bahnlängen, die sich um $^1/_2$ mm oder weniger unterschieden, zur selben Gruppe zusammengefaßt wurden. Die Ordinaten geben die zugehörige Anzahl der Bahnen.

Die erhaltene Kurve zeigt, daß im wesentlichen 2 (mittlere) Reichweiten vorhanden sind, die den schon genannten 2 intensivsten Geschwindigkeitsgruppen der β-Strahlen von RaD angehören. Aus der Figur würden sich diese beiden Reichweiten zu rund 0,9 und 1,2 cm (bei normalem Druck und Zimmertemperatur) ergeben. Vorsichtsweise sei erwähnt, daß die Verteilungskurve zwar die wahrscheinlichsten 2 mittleren Reichweiten wiedergibt, aber keinerlei Schluß auf die relative Intensität der zugehörigen 2 β-Strahlgruppen zuläßt.

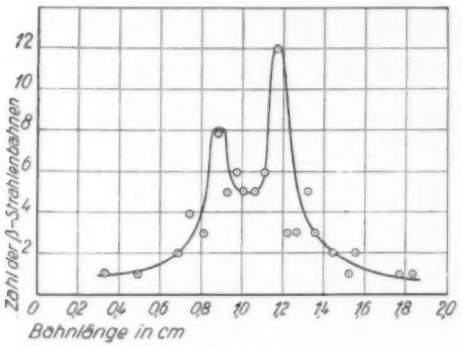



Fig. 2.

Nun kann man zeigen, daß die so gemessenen *mittleren* Reichweiten infolge des nicht ganz ebenen Verlaufs eine Verkürzung erlitten haben können, die sicher nicht 40% erreichen kann. Bringt man daher unter Mitberücksichtigung der oben erwähnten Druckschwankung eine Korrektur von 40% an, so sind die erhaltenen Werte wahrscheinlich Maximalwerte, die sich zu rund 1,2 cm bzw. 1,7 cm ergeben. Die Energien der zugehörigen β-Strahlgruppen betragen 31 200 und 43 100 Volt. Also haben hiernach β-Strahlen von 31 200 bis 43 100 Volt *mittlere* Reichweiten von 1,2 bis 1,7 cm. Bei der geringen Zahl von ausgemessenen Bahnen können diese Werte natürlich keinen Anspruch auf große Genauigkeit erheben, aber sie sind wohl genauer als die meisten bisher vorliegenden Messungen von Reichweiten an β-Strahlen in Abhängigkeit von ihrer Geschwindigkeit.

Die hier erhaltenen Reichweiten sind erheblich kleiner als man sie nach C. T. R. WILSON erwarten müßte. Nach WILSON soll ein β-Strahl von 21 000 Volt Energie eine Reichweite von 1 cm besitzen und die Energie E (in Volt) soll mit der Reichweite R durch die Formel verknüpft sein

$$\sqrt{R} = \frac{E}{21\,000}.$$

Die beiden β-Strahlen von RaD müßten daher Reichweiten von $\left(\frac{31\,200}{21\,000}\right)^2$ cm bzw. $\left(\frac{43\,100}{21\,000}\right)^2$ cm, also 2,2 und 4,2 cm besitzen. Die hier gefundenen Werte sind mit diesen nach Wilson berechneten nicht verträglich, auch wenn man die WILSONschen Zahlen auf die *maximale* und nicht auf die *mittlere* Reichweite bezieht. Die größte beobachtete Reichweite betrug 1,83 cm, um 40% korrigiert also 2,6 cm.

Engverknüpft mit der Frage der Reichweite ist auch die Zahl der pro Wegeinheit erzeugten Ionen in Abhängigkeit von der Strahlgeschwindigkeit. Bei der Behandlung dieser Frage muß man berücksichtigen, daß man zwischen primärer und sekundärer Ionisation unterscheiden muß. Die primären Ionen stellen diejenigen ionisierten Moleküle dar, aus denen der β-Strahl beim Auftreffen ein Elektron herausgeworfen hat. Nun kann dieses Elektron selbst aber beim Ablösen so viel kinetische Energie mitbekommen (also einen sekundären β-Strahl darstellen), daß es seinerseits wieder Gasmoleküle zu ionisieren vermag, welcher Vorgang als sekundäre Ionisation bezeichnet wird. Im allgemeinen ist die Reichweite dieser sekundären β-Strahlen so klein, daß sie sich in den Nebelbahnen nur als Verdickungen der Nebeltröpfchen geltend machen, wie man sie in der Fig. 1 mehrfach beobachten kann; manchmal aber bilden sie auch deutliche Zweigbahnen. Immer aber ist bei schnellen Elektronenstrahlen der Betrag der sekundär erzeugten Ionen ein Vielfaches derjenigen Anzahl, die durch den primären Zusammenstoß entsteht. Diese letztere kann man erhalten, wenn man bei so niedrigen Drucken bzw. so starken Vergrößerungen arbeitet, daß die Nebelbahnen in ihre einzelnen Nebeltröpfchen aufgelöst werden können. Bei einigen der bei 10 cm Druck ausgeführten Aufnahmen war eine solche Bestimmung der Ionenzahl durchführbar, indem man unter einer 6- bis 8fach vergrößernden Lupe die schärfsten Bahnbereiche auszählte. Bei noch stärkerer Vergrößerung machte sich schon das Korn der photographischen Platte störend bemerkbar, so daß eine Feststellung der sekundären Nebelbahnen und etwaige Bestimmung der sekundären Ionisation nicht möglich ist. Es wurden immer 1—2 mm der Bahn ausgezählt, und zwar in verschiedenen Entfernungen vom Ende der Reichweite. Da aber nur 7 Bahnen im ganzen ausgezählt wurden, läßt sich aus den Zahlen nicht auf eine Abhängigkeit der Ionenzahl von der jeweilig an der betreffenden Bahnstelle noch vorhandenen Strahlgeschwindigkeit schließen. Alle ausgezählten Bahnen hatten (nicht korrigierte) Längen zwischen 1,07 und 1,32 cm, gehören also wahrscheinlich durchwegs den schnelleren β-Strahlen von 43 100 Volt an. Die pro Zentimeter erzeugte Ionenzahl ergibt sich im Mittel zu rund

130—140. Diese Zahl stellt die pro Wegeinheit erzeugte Anzahl von *Primärionen* dar. Berücksichtigt man, daß die Sekundärionisation etwa das 3- bis 4fache der primären ausmacht, so würde sich als Gesamtanzahl der Ionen, die von einem β-Strahl von 43 100 Volt längs seiner ganzen Reichweite in Luft erzeugt werden, der Wert 900—1000 ergeben, d. h. die pro Ion aufgewendete Energie würde etwa 45 Volt betragen, was größenordnungsmäßig mit den aus α-Strahlen- und Röntgenstrahlenmessungen erhaltenen Werten stimmt. Da die Ionisierungsspannung des Stickstoffmoleküls rund 17 Volt beträgt, so muß man hieraus schließen, daß ein erheblicher Teil der Energie, die ein schnellbewegtes Elektron beim Zusammenstoß mit Molekülen abgibt, auf andere Arbeitsleistung als Ionisierungsarbeit z. B. auf Anregung der Moleküle und kinetische Energie der herausgeworfenen Elektronen verwendet wird, wobei aber diese kinetische Energie kleiner sein muß als die Ionisierungsspannung des durchlaufenen Gases.

Indes sind noch eingehende Versuche nötig, um wirklich quantitative Resultate zu erhalten, und solche Versuche sind — besonders auch für verschiedene Geschwindigkeitsgebiete der β-Strahlen — im Gang.

## Zur Existenz der weitreichenden α-Strahlen des Radium C.

Von K. PHILIPP, Berlin-Dahlem.
(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie.)

Es ist bekannt, daß jede α-strahlende Substanz α-Strahlen einheitlicher Geschwindigkeit, also einheitlicher Reichweite aussendet, die charakteristisch für die betreffende Substanz ist. Bei manchen radioaktiven Elementen, vor allem bei den Wismutisotopen Radium C und Thorium C sind indes neben den normalen α-Strahlen ganz vereinzelt α-Strahlen größerer Reichweite beobachtet worden. Obwohl über den Ursprung dieser „weitreichenden" α-Strahlen vorläufig gar nichts Bestimmtes ausgesagt werden kann, ist es natürlich von Wichtigkeit, ihre Existenz mit Sicherheit festzustellen. Beim ThC sind die Verhältnisse ziemlich geklärt, beim RaC liegen dagegen widersprechende Resultate vor.

RUTHERFORD und CHADWICK[1]) haben bei ihrer Nachprüfung der Ergebnisse von BATES und ROGERS[2]) durch Szintillationsbeobachtungen beim RaC von den von BATES und ROGERS gefundenen Gruppen weitreichender α-Strahlen zwei, und zwar von 9,3 bzw. 11,2 cm Reichweite bestätigt. Sie fanden pro $10^6$ α-Teilchen von 7 cm Reichweite ca. 30 Teilchen von 9,3 cm und ca. 5 Teilchen von 11,2 cm Reichweite. Sie erbrachten auch den Nachweis, daß diese beiden Gruppen von Strahlen unabhängig sind vom durchlaufenen Gas, von der Art der Herstellung der Strahlenquelle und davon, ob Folien benutzt wurden oder nicht. Für die Gruppe der 9,3-Strahlen wurde durch magnetische Ablenkungsversuche gezeigt, daß es sich tatsächlich um α-Teilchen handelte. Auf die 11,2-Teilchen konnten diese Versuche nicht ausgedehnt werden, da ihre Zahl zu gering war. RUTHERFORD und CHADWICK glauben, daß es sich bei beiden Gruppen um α-Strahlen handelt, die vielleicht auf zwei noch unbekannte Zerfallsarten zurückzuführen sind.

N. YAMADA[3]) hat nochmals nach der Szintillationsmethode die α-Strahlen des RaC untersucht. Eine große Schwierigkeit liegt darin, daß die fraglichen Strahlen an Zahl sehr gering sind, so daß die von den normalen α-Strahlen in der benutzten Apparatur erzeugten H-Strahlen außerordentlich stören können. YAMADA hat deshalb zunächst versucht, die Entstehung der H-Strahlen möglichst herabzusetzen. Er fand dann pro $10^6$ normaler α-Teilchen etwa 20 Strahlen von 9,3 cm Reichweite. Über 9,3 cm hinaus traten bei ihm nur wenige schwache Szintillationen auf, die er auf H-Strahlen zurückführte. Bei dem offenbaren Widerspruch der Ergebnisse von RUTHERFORD und CHADWICK einerseits und YAMADA andererseits erscheint die weitere Prüfung dieser Frage erwünscht. Nun haben kürzlich L. MEITNER und K. FREITAG[1]) bei der Untersuchung der α-Strahlen des ThC + C′ mit großem Nutzen die WILSONsche Nebelmethode verwandt. So sei hier darauf hingewiesen, daß die α-Strahlen von 9,5 cm Reichweite beim ThC, die bei den früheren Untersuchungen nach der Szintillationsmethode den Beobachtern stets entgangen waren, erst bei der photographischen Aufnahme der α-Strahlenbahnen gefunden worden sind. Die Wilsonmethode hat den Vorzug, daß sie erstens die Richtung der Strahlen erkennen läßt und zweitens eine deutliche Unterscheidung zwischen H- und α-Strahlen ermöglicht[2]). Auf Veranlassung von Fräulein Professor L. MEITNER wurden daher auch die α-Strahlen des RaC nach dieser Methode unter Benutzung der von MEITNER und FREITAG verwandten Apparatur untersucht. Zur Erhöhung der Ausbeute wurde der das α-Strahlenbündel begrenzende Spalt von 1 mm auf 2 mm verbreitert. Als Strahlenquelle diente ein mit RaB + C aktivierter Platinpilz (rund 1 mm Durchmesser), dessen γ-Aktivität etwa 1 mg Radiumelement entsprach. Es wurden 400 Aufnahmen gemacht[3]).

[1]) RUTHERFORD und CHADWICK, Philosoph. mag. 48, 509. 1924.
[2]) BATES und ROGERS, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A. 105, 97. 1924.
[3]) N. YAMADA, Journ. de physique et le radium 6, 380. 1925.

[1]) L. MEITNER und K. FREITAG, Zeitschr. f. Phys. 37, 481. 1926.
[2]) L. MEITNER und K. FREITAG, l. c.
[3]) Bei der raschen Verarbeitung der großen Zahl von Platten (Agfa-Röntgen) hat sich der Agfa-Röntgen-Rapidentwickler sehr bewährt.

Die dabei in der Kammer zur Wirksamkeit kommende Anzahl von α-Strahlen betrug $1{,}86 \cdot 10^6$. Die stereoskopischen Aufnahmen zeigten einwandfrei das Vorhandensein einer Gruppe von α-Strahlen mit etwa 9,3 cm Reichweite. Außerdem wurden 4 α-Strahlen größerer Reichweite, jedoch nicht über 12 cm, beobachtet. Die Fig. 1 zeigt einen 9,3-Strahl, Fig. 2 einen der Strahlen noch größerer Reichweite (bis zur Glaswand 10,2 cm). Pro $10^6$ normaler α-Teilchen wurden 12 α-Teilchen mit 9,3 cm und 2 α-Teilchen größerer Reichweite und außerdem 6 H-Strahlen gefunden. Das Verhältnis der weitreichenden Teilchen zu den Strahlen normaler Reichweite wurde ebenso wie bei MEITNER und FREITAG aus Eichaufnahmen berechnet, die angefertigt wurden, nachdem die Aktivität des Präparates so weit abgefallen war, daß die Zahl der Bahnen der α-Strahlen von 7 cm Reichweite sicher ausgezählt werden konnten. Die geringe Zahl der photographierten α-Teilchen extremer Reichweite gestattet selbstverständlich noch nicht die Aufnahme einer Reichweitekurve. Zu diesem Zweck sollen die Versuche noch fortgesetzt werden. Die bisherigen Versuche entsprechen durchaus den Befunden von RUTHERFORD und CHADWICK. Das von ihnen angegebene Verhältnis der 9,3-Teilchen zu den 11,2-Teilchen stimmt gut mit dem hier gefundenen Resultat überein. Die auf die Anzahl der normalen α-Teilchen bezogenen Zahlen der Teilchen extremer Reichweiten sind dagegen ziemlich verschieden. Bei der geringen Zahl der photographierten weitreichenden Teilchen spielt zwar die radioaktive Schwankung noch eine große Rolle, erklärt aber doch nicht die vorhandene Differenz. Vielleicht ist der Unterschied auf die verschiedene Art der Bestimmung des Verhältnisses zurückzuführen. Der von YAMADA gefundene Wert für die Zahl der 9,3-Strahlen stimmt besser mit dem hier nach der Wilsonmethode erhaltenen überein. Wegen des raschen Abfalls des RaB + C mußten die Aufnahmen sehr schnell hintereinander gemacht werden. Dies hatte zur Folge, daß die von MEITNER und FREITAG beobachtete Wirkung einer auf das Präparat sich mit der Zeit niederschlagenden Wasserhaut weitgehend vermieden wurde. Dazu kommt, daß das Präparat vor dem Einsetzen in die Wilsonkammer zur Vertreibung der Radiumemanation stets in Alkohol gewaschen und ziemlich stark erhitzt wurde, wobei gleichzeitig eine auf dem Platinpilz bereits vorhandene Wasserhaut entfernt wurde. So erklärt sich die geringe Zahl der gefundenen H-Teilchen.

Fig. 1. Weitreichender α-Strahl des RaC.

Fig. 2. α-Strahl extrem hoher Reichweite vom RaC.

Die Wilsonmethode bietet den großen Vorteil, daß sie die weitreichenden α-Strahlen objektiv sichtbar macht und so einen wirklichen, einwandfreien Existenznachweis ermöglicht. Diesen Existenznachweis zu erbringen, war der Zweck der vorliegenden Untersuchung. Zur genaueren Bestimmung der Zahl der weitreichenden Teilchen sollen wie beim Thorium[1]) die Wilsonaufnahmen durch Szintillationsbeobachtungen ergänzt werden, da die Szintillationsmethode die Beobachtung einer größeren Zahl weitreichender Teilchen gestattet.

[1]) K. PHILIPP, Zeitschr. f. Phys. **37**, 518. 1926.

# Emission von Atomen aus festen Körpern bei chemischem Angriff auf ihre Oberfläche.

Von ST. v. BOGDANDY und M. POLANYI, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.)

Die Untersuchung des Mechanismus chemischer Reaktionen an der Oberfläche fester Körper scheitert meist daran, daß der entstehende Stoff eine Schutzschicht bildet und jede weitere Reaktion verhindert, bevor noch eine meßbare Umsetzung vor sich gegangen ist. Eine Abhilfe bietet hiergegen die folgende Anordnung, mit Hilfe deren die dem chemischen Angriff ausgesetzte Oberfläche alle $^1/_{100}$ Sek. erneuert wird:

Der feste Körper wird hier aus der Dampfphase, also durch Destillation, auf die Oberfläche einer schnell rotierenden Trommel niedergeschlagen und seine Oberfläche durch Fortsetzung der Destillation auch während der Reaktion fortwährend erneuert. Schematisch sieht man das in der Fig. 1,

in der Pfeil *A* den Dampfstrahl darstellt, der sich als feste Schicht auf die Trommel niederschlägt. Pfeil *B* deutet an, daß in das Gehäuse, in dem die Trommel läuft, auch noch jener zweite Stoff dauernd eingelassen wird, dessen Angriff auf die feste Schicht untersucht werden soll.

Bei den Versuchen, über die wir hier berichten, wurde das Stoffpaar $Na + H_2SO_4$ verwendet.

Zur Erläuterung unserer Beobachtungen müssen wir unsere Anordnung etwas näher beschreiben. Die Trommel von 10 cm Durchmesser und 10 cm Länge läuft mit 8000 Touren pro Minute in einem evakuierten Gehäuse. Die Öffnungen, aus denen das Na und die $H_2SO_4$ in das Gehäuse hineindampfte, liegen einander gegenüber, so wie die Pfeile der Figur. Sie haben etwa 1 cm Durchmesser und befinden sich in 0,6 cm Entfernung von der Trommeloberfläche. Die Trommel ist innen hohl und wird durch ihre durchbohrte Achse mit flüssiger Luft auf der Temperatur von — 180° C. gehalten.

Da das Gehäuse im ganzen aus Metall gebaut ist, sind in dessen Wände Fenster eingelassen, damit man die Vorgänge im Innern verfolgen kann. Insbesondere besteht jene Seitenwand, durch die der Natriumdampf durchtritt, rund um die Eintrittsöffnung aus Quarzglas. Auch der Ansatz, aus dem das Natrium hineindestilliert wird, ist durchsichtig.

Setzt man die Destillation eines Stoffes (sei es des Na oder der $H_2SO_4$) in Gang, so schlägt er sich auf die rotierende Trommelfläche in einem Streifen nieder, der etwa so breit ist wie die Eintrittsöffnung.

Werden nun Na und $H_2SO_4$-Dampf gleichzeitig eindestilliert, so spielt sich folgendes ab: Indem die rotierende Trommelfläche vor der Eintrittsöffnung des Natriumdampfes wegläuft, beschlägt sie sich mit einer Natriumschicht, die nach einer halben Umdrehung vor die Eintrittsöffnung des $H_2SO_4$-Dampfes gelangt und dort von $H_2SO_4$-Molekülen getroffen wird. Diese können beim Auftreffen abreagieren, oder sich kondensieren. (Wenn man $H_2SO_4$ in Überschuß zugibt, erfolgt jedenfalls auch Kondensation.) Nun läuft die Trommel mit einer festen $H_2SO_4$-Schicht beladen weiter vor die Na-Öffnung, wo sie von Na-Atomen getroffen wird, die nun ihrerseits wieder abreagieren oder an der Trommel haften bleiben.

Zunächst sieht man, daß hier eine Reaktion, die nur die (jeweils) obersten Molekülschichten angreift, schon einen sehr merklichen Umsatz ergibt. Bei jeder Umdrehung wird ca. 30 qcm frische Oberfläche geschaffen, was in der Stunde $3 \cdot 10^7$ qcm bedeutet, entsprechend etwa 1 ccm Substanz in festem oder flüssigem Zustande oder einem Normalliter einatomigen bzw. einem halben Liter zweiatomigen Gases.

Nun haben wir die Destillation so geleitet, daß sich bei jeder Umdrehung mehrere (2 bis 5) Molekülschichten Natrium und etwa ebensoviel Molekülschichten $H_2SO_4$ niederschlugen. Die Gasentwicklung betrug dabei ca. 0,1 ccm in der Sekunde, entsprechend 360 ccm in der Stunde.

Das bedeutet, *daß nur die oberste Molekülschicht abreagiert.*

Die Reaktion dürfte daher auf der Na-Seite so vor sich gehen, daß für jedes Natriumatom, das auf die Oberfläche des festen $H_2SO_4$ auftrifft, ein halbes $H_2$-Molekül entsteht, aber nur so lange, bis eine monomolekulare Schutzschicht von $NaHSO_4$ entstanden ist.

Die Erscheinung, die dabei auftritt und uns zu der Annahme geführt hat, daß dieses halbe Wasserstoff-Molekül als freies H-Atom von der Oberfläche abgeschleudert wird, ist ein *Leuchten*, das an der Stelle auftritt, wo das Natrium in das Gehäuse strömt, und das spektroskopisch sich als reines *D*-Linienlicht erweist. Das Leuchten ist in der Eintrittsöffnung am stärksten, kann aber auch noch in einem Umkreise von etwa 2 cm um die Öffnung herum, sowie über einige Zentimeter in dem Rohr, aus dem der Natriumdampf kommt, beobachtet werden.

Dieses Leuchten kann (wenn wir den physikalisch nicht annehmbaren Fall der Emission genügend schneller Reaktionselektronen beiseite lassen) auf zwei Ursachen beruhen:

1. Es können durch die Reaktionswärme $H_2SO_4$-Moleküle verdampfen und zu einer Chemilumineszenz führen, von der Art, wie sie beim

Zusammenbringen von Na und HCl beobachtet worden ist[1]).

2. Es können H-Atome von der $H_2SO_4$-Oberfläche bei ihrer Umsetzung mit Na-Atomen in den Gasraum abgespalten werden und dort das Natrium durch ihre Vereinigung zu $H_2$ zur Lichtaussendung anregen[2]).

Zur Prüfung der ersten Annahme haben wir zunächst versucht, ob $H_2SO_4$-Dampf mit Na-Dampf ein Leuchten gibt. Das Ergebnis war negativ, und zwar wohl deshalb, weil $H_2SO_4$-Dampf bei der im Versuche notwendigen Überhitzung in $SO_3$ und $H_2O$ zerfällt, von denen keines mit Na-Dampf lumineszieren. Dies macht die erste Erklärungsmöglichkeit unwahrscheinlich, schließt sie aber nicht aus, weil von der Trommel etwa abgehende $H_2SO_4$-Moleküle ohne Überhitzung auf den Na-Dampf treffen würden.

Zu einer Widerlegung der Hypothese verdampfender Schwefelsäuremoleküle führte jedoch die chemische Untersuchung des Rohres, aus dem der Na-Dampf strömt, sowie der angrenzenden Teile der Gehäusewandung. Die Abspülung dieser Flächen mit Wasser und Versetzung des Spülwassers mit $BaCl_2$ wies nach, das sich während eines 10 Minuten langen Leuchtens keine merkliche $SO_4$-Menge, also weniger als 0,02 mg (= 0,2 Mikromol) $H_2SO_4$ niedergeschlagen hatte. Andererseits konnten wir feststellen, daß das Licht etwa 0,005 HK. Lichtstärke hatte und aus anderen Versuchen, die wir mit Herrn Dipl.-Ing. B. JOSEPHY gemacht hatten, die Angaben heranziehen, daß eine solche Leuchtkraft, wenn sie mit der analogen Reaktion Na + HCl erzeugt wird in 10 Minuten einen Umsatz von 200 Mikromol verursacht. Mehr als die Hälfte dieser 200 Mikromole hätten sich an die Gehäusewandung niederschlagen müssen. Statt dessen fand sich dort auch nicht 0,2 Mikromol vor.

Eine Bestätigung fand dieses Argument durch Versuche, bei denen an Stelle der Schwefelsäure *Jod* genommen wurde. Auch hier leuchtete der Natriumdampf, und zwar viel schwächer als in den $H_2SO_4$-Versuchen. Bei diesem Leuchten, das die bekannte Chemilumineszenz von Natrium und Jod[3]) sein mußte, ließ sich an der Wandung die dem Lichte entsprechende Menge von ca. 10 Mikromol NaJ in mehreren Versuchen stets nachweisen.

In Analogie zu den $H_2SO_4$-Versuchen ist wohl auch hier eine Atomemission anzunehmen, in dem Sinne, daß die auf die feste Jodfläche auftreffenden Na-Atome bei Bildung eines NaJ-Moleküls J-Atome freischleudern.

Auf die energetischen Bedingungen der Atomemission wurden wir durch die Untersuchung des Stoffpaares Na + $H_2O$ hingewiesen. Die Wasserstoffentwicklung trat hier in gleichem Umfange auf wie bei Na + $H_2SO_4$, jedoch *fehlte das Leuchten*, also die Emission von Wasserstoffatomen. Die Reaktions- und Energiegleichung:

$$(1)\quad Na_{gasf.} + H_2O_{fest} = NaOH_{fest.} + H_{gasf.} + 10\ \text{Cal.}$$

bietet hier zunächst keine Erklärung, weil sie eine positive Wärmetönung aufweist. Aber wenn man beachtet, daß die aus dem chemischen Elementarprozeß hervorgehenden NaOH-Moleküle zunächst isoliert entstehen und daß allenfalls die Energie, die bei Vereinigung der NaOH-Moleküle zum festen Aggregat frei wird, für den primären chemischen Elementarprozeß als treibende Kraft nicht in Frage kommt, so wird die Reaktionsgleichung zu

$$(2)\quad Na_{gasf.} + H_2O_{fest} = \underset{\text{(adsorbiert)}}{NaOH_{gasf.}} + H_{gasf.} + U,$$

wobei U sicherlich stark negativ ist[1]).

Dagegen wird in der Gleichung

$$(3)\ Na_{gasf.} + H_2SO_{4fest} = NaHSO_{4fest} + H_{gasf.} + 50\ \text{Cal.}$$

auch bei Umschreibung auf

$$(4)\ Na_{gasf.} + H_2SO_{4fest} = \underset{\text{(adsorbiert)}}{NaHSO_{gasf.}} + H_{gasf.} + U'$$

die Wärmetönung U' einen positiven Wert behalten.

So versteht man, daß der Elementarprozeß (4) freiwillig vor sich geht, der Elementarprozeß (2) dagegen unterbleibt, so daß die Reaktion von Na mit $H_2O$ (wahrscheinlich „trimolekular" laufend) direkt zum molekularen $H_2$ führt.

Durch das hier verwendete Wort *„Atomemission"* sollte zum Ausdruck kommen, daß nicht lediglich ein Losbinden der Atome anzunehmen ist, sondern auch, daß die Atome mit erheblichem Energieüberschuß frei werden, der es verhindert, daß sie an der gekühlten Trommel haften bleiben.

Zum Schlusse sei unsrem technischen Assistenten, Herrn K. HAUSSCHILD, sowie dem Leiter unserer Werkstätte, Herrn E. IHME, auch an dieser Stelle herzlichst gedankt für ihre wertvolle Unterstützung bei Ausführung dieser Arbeit.

[1]) H. BEUTLER und M. POLANYI, Naturwissenschaften 13, 711. 1925.

[2]) Vgl. K. BONHOEFFER, Zeitschr. f. physikal. Chem. 161, 394. 1925 sowie BEUTLER und POLANYI, l. c.

[3]) H. BEUTLER und M. POLANYI, l. c.

[1]) Die Verdampfungswärme von NaOH dürfte nach Analogie anderer Ionengitter 50 Cal. (das von dieser abzuziehende) Adsorptionspotential etwa 10 Cal. betragen.

## Über eine neue Art von Koagulation.

Von H. FREUNDLICH und H. KROCH, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.)

Unter Koagulation versteht man bekanntlich die Erscheinung, daß die Teilchen einer kolloiden Lösung zu größeren Flocken zusammentreten und sich absetzen. Es ist bisher vor allem die Koagulation der sog. hydrophoben Sole — es sind dies namentlich die kolloiden Lösungen der Metalle,

Oxyde und Sulfide — durch Elektrolyte näher untersucht worden, dann die gegenseitige Koagulation von kolloiden Lösungen, die Koagulation durch Licht u. a. m. Hierbei hatte sich bereits herausgestellt, daß die Elektrolytkoagulation durch Rühren stark beeinflußt werden kann, meist in dem Sinne, daß das Rühren die Koagulation beschleunigt. Gelegentlich einer Untersuchung des Rühreinflusses bei der Koagulation elektrolythaltiger wäßriger Kupferoxydsole beobachtete man, daß anscheinend das Rühren allein schon die Teilchen der Sole zu flocken vermochte[1]). Nun war bei diesen Versuchen noch nicht ausgeschlossen, daß Fremdelektrolyte, die aus dem Glase stammten, an der Koagulation mit beteiligt seien. Das Untersuchungsverfahren wurde deshalb dahin abgeändert, daß die koagulierende Lösung mit keinem anderen festen Stoff in Berührung kam als dem, aus dem die Teilchen bestanden: Sie befand sich in einem kupfernen, innen mit einer Kupferoxydschicht bedeckten Gefäß und wurde mit einem kupfernen, gleichfalls mit Kupferoxyd bedeckten Flügelrührer gerührt. Aber auch unter diesen Bedingungen trat die Koagulation durch Rühren ein. Man muß danach annehmen, daß das Rühren an sich eine Koagulation hervorzurufen vermag. Es ist zu bemerken, daß das Kupferoxydsol auffallend arm an Elektrolyten ist. Man stellte es nach dem Verfahren von BREDIG her, bei dem man einen Lichtbogen zwischen zwei dicken Kupferdrähten in Leitfähigkeitswasser übergehen läßt und sie so zerstäubt[2]). Die spezifische Leitfähigkeit eines solchen Sols betrug in einem Fall z. B. nur $2{,}2 \cdot 10^{-6}$, während die des benutzten Leitfähigkeitswassers $3{,}1 \cdot 10^{-6}$ betragen hatte. Die Kolloidteilchen hatten also noch Ionen aus der Lösung durch Adsorption entfernt.

Die eingehende Untersuchung der Koagulation durch Rühren zeigte, daß man diese mechanische Koagulation des Kupferoxydsols von der durch Elektrolyte hervorgerufenen eindeutig unterscheiden kann. Dies ist schon qualitativ möglich. Bei der mechanischen Koagulation ändert das Sol seine optischen Eigenschaften in merklich anderer Weise als bei der Koagulation durch Elektrolyte. Das ursprünglich klare, schön rötlich braune Sol wird beim Rühren stark schlierend und ausgesprochen strömungsanisotrop, d. h. es wird beim Fließen doppelbrechend und dichroitisch. Das ursprüngliche Sol gibt keine Schlieren und läßt weder Strömungsdichroismus noch -doppelbrechung erkennen. Dies heißt nicht, daß die im ursprünglichen Sol vorhandenen Teilchen isotrop sind. Sie sind es nicht, denn sie funkeln deutlich unter dem Ultramikroskop. Aber diese Anisotropie genügt noch nicht, um Schlierenbildung und Strömungsanisotropie hervorzurufen. Koaguliert man dagegen das Sol mit einem Elektrolyten, so beobachtet man keine Schlieren. Es treten vielmehr schwammige Flocken auf. Man kann wohl eine schwache Strömungsanisotropie erzeugen, wenn man sehr langsam und vorsichtig mit kleinen Elektrolytmengen koaguliert, aber sie ist mit der starken, bei der mechanischen Koagulation hervorgerufenen Strömungsanisotropie gar nicht zu vergleichen. Die mechanische Koagulation hat also den Charakter einer sog. *geordneten* Koagulation, bei der von vornherein anisotrope Teilchen zu regelmäßigen, stark anisotropen Flocken angehäuft werden, während die Elektrolytkoagulation wesentlich *ungeordnet* ist[3]).

Von den quantitativen Unterschieden zwischen der mechanischen Koagulation und der Elektrolytkoagulation seien nur zwei hervorgehoben. Der eine betrifft den zeitlichen Verlauf der Koagulation. Die mechanische Koagulation verläuft mit konstanter Geschwindigkeit. Sie läßt sich also durch eine Gleichung

$$k = \frac{n_0 - n}{t}$$

wiedergeben. Hier ist $n_0$ der ursprüngliche Gehalt des Sols an Kupferoxyd, $n$ der zur Zeit $t$ vorhandene, $k$ ist die Geschwindigkeitskonstante. Die Elektrolytkoagulation des Kupferoxydsols läßt sich dagegen weitgehend durch eine von SMOLUCHOWSKI[4]) abgeleitete Formel darstellen:

$$k = \frac{1}{t}\sqrt{\frac{n_0}{n} - 1}\,.$$

In einem Koordinatensystem mit dem Gehalt $n$ als Ordinate und der Zeit $t$ als Abscisse ist demnach die Geschwindigkeitskurve der mechanischen Koagulation eine abfallende Grade, die der Elektrolytkoagulation eine zur $t$-Achse stark konvexe Kurve. Der zweite Unterschied betrifft die Temperaturabhängigkeit. Die mechanische Koagulation war in dem bisher untersuchten Temperaturbereich zwischen 0 und 20° temperaturunabhängig, vorausgesetzt, daß man mit der gleichen Rührgeschwindigkeit arbeitete. Die Elektrolytkoagulation dagegen gehorchte wieder der von SMOLUCHOWSKI entwickelten Theorie. Sie ist demgemäß stark abhängig von der Zähigkeit $\eta$ des Sols und läßt sich durch eine Gleichung

$$k = A\frac{T}{\eta}$$

wiedergeben; in dieser ist $k$ die Geschwindigkeitskonstante der Koagulation, $T$ die absolute Temperatur und $A$ eine Konstante.

Es ist zur Zeit nicht leicht, die Eigentümlichkeiten der mechanischen Koagulation einwandfrei zu erklären. Nur zwei Punkte seien kurz berührt. Die Schwierigkeit der Erklärung hängt anscheinend wiederum mit der in der Kolloidchemie recht allgemein auftretenden Frage[5]) zusammen: Wie kommt es, daß die Kolloidteilchen in ziemlich merklichen Entfernungen (solchen bis zu einigen $\mu$) anziehende Wirkungen aufeinander ausüben? Hiermit ist vielleicht verknüpft, daß eine Beziehung zu bestehen scheint zwischen dem natürlichen Elektrolytgehalt eines Sols und dem Grad seines hydrophoben Charakters einerseits und der Möglichkeit, daß es mechanisch koaguliert wird, anderseits, in

dem Sinne, daß nur ein sehr elektrolytarmes, ausgesprochen hydrophobes Sol durch Rühren koaguliert werden kann. Dies tritt deutlich bei zwei Arten eines Eisenoxydsols hervor. Man kann ein solches Sol herstellen, indem man Eisenkarbonyl, $Fe(CO)_5$, mit Wasserstoffperoxyd oxydiert[6]). Das so gewonnene Sol enthält wesentlich Teilchen von Goethit FeO(OH), ist sehr arm an Elektrolyten und hydrophob. Man kann es leicht mechanisch koagulieren. Es wird beim Rühren stark schlierend und strömungsanisotrop, während das ursprüngliche Sol gar nicht anisotrop ist. Unter dem Ultramikroskop bei Benutzung der Azimutblende[7]) zeigen die koagulierten Flocken einen auffallenden Azimuteffekt, die Kolloidteilchen liegen also in den Flocken mit ihrer Längsachse parallel zu einander. Ein gewöhnliches Eisenoxydsol dagegen, wie man es durch Hydrolyse von Eisenchlorid erhält, läßt sich unter völlig gleichen Versuchsbedingungen durch Rühren nicht verändern. Diese Sole enthalten bekanntlich neben Goethit ein basisches Eisenchlorid[8]), sie sind sehr reich an Elektrolyten und viel hydrophiler als die aus Eisenkarbonyl bereiteten Sole.

Zum Schluß sei noch auf folgendes hingewiesen. Der regelmäßige Ablauf der mechanischen Koagulation beim Kupferoxydsol macht es dort leicht, den sog. Schwellenwert bei der Elektrolytkoagulation festzustellen, d. h. die kleinste Konzentration an Elektrolyt, bei der gerade eine Zunahme der Koagulationsgeschwindigkeit erkennbar wird. Wie zu erwarten war, folgen die Schwellenwerte den gleichen Regelmäßigkeiten, wie die Koagulationswerte. Da das Kupferoxydsol positiv ist, kommt es wesentlich auf die Wertigkeit und Adsorbierbarkeit der Anionen an. Überraschend ist, in welch außerordentlich kleinen Konzentrationen manche Anionen sich schon bemerkbar machen. In der nachfolgenden Tabelle finden sich einige Schwellenwerte in Mikromol (= Millionstel Mol) i. L. Man sieht, wie die Wirksamkeit des vierwertigen $Fe(CN)''''_6$-Ions schon in einer Konzentration von etwa $^1/_{1000}$ Mikromol, also von $10^{-9}$ Mol i. L. zur Geltung kommt.

*Tabelle 1.*

| Elektrolyt | Schwellenwert (Mikromol i. L.) |
|---|---|
| KCl | 250 |
| KBr | 700 |
| $KNO_3$ | 900 |
| $K_3Fe(CN)_6$ | 0,004 |
| $K_4Fe(CN)_6$ | 0,0009 |

*Literatur:*


1. FREUNDLICH und BASU, Zeitschr. f. physikal. Chem. **115**, 203. 1925.
2. PAINE, Kolloidchem. Beih. **4**, 25. 1913.
3. Über diesen Unterschied siehe FREUNDLICH, SCHUSTER und ZOCHER, Zeitschr. f. physikal. Chem. **105**, 119. 1923.
4. v. SMOLUCHOWSKI, Zeitschr. f. physikal. Chem. **92**, 129. 1917.
5. Bezüglich dieser Frage siehe z. B. ZOCHER, Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **147**, 91. 1925.
6. FREUNDLICH und WOSNESSENSKY, Kolloid-Zeitschr. **33**, 222. 1923.
7. Über die Azimutblende siehe SZEGVARI, Zeitschr. f. physikal. Chem. **112**, 277. 1924.
8. J. BOEHM, Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **149**, 203. 1925.


## Die quantentheoretische Dispersionsformel und ihre experimentelle Prüfung.

R. LADENBURG, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.)

1. Der Gegensatz zwischen der Quantentheorie und der Undulationstheorie des Lichtes hat sich im Laufe der Jahre immer mehr verschärft. Die Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie und der dabei eintretenden Änderungen ist heute ohne Quanten undenkbar; aber die Erscheinungswelt der Interferenz und Beugung ist trotz mannigfacher quantentheoretischer Ansätze die ausschließliche Domäne der Wellentheorie geblieben.

Die Vorgänge der Brechung und Dispersion liegen zwischen beiden Gebieten; sie beruhen zwar auf der Wechselwirkung des Lichtes mit der Materie, ohne daß aber diese eine wirkliche Veränderung erleidet. Die Materie wird durch das auffallende Licht lediglich zur Emission von Streulicht angeregt, das in der Fortpflanzungsrichtung des auffallenden Lichtes mit diesem interferiert und dadurch die Erscheinungen hervorruft, die man als „Dispersion" des Lichtes bezeichnet, nämlich die Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und damit des Brechungsquotienten von der Wellenlänge. Und zwar wird die Dispersion „anomal", d. h. besonders groß, wenn die Wellenlänge des auffallenden Lichtes nahe an die „Eigenwellenlängen" (Absorptionsstellen) der Materie heranrückt, und im Absorptionsgebiet

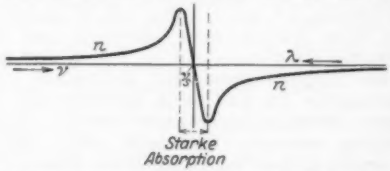



Fig. 1. Theoretischer Verlauf der Dispersion in der Umgebung einer Absorptionslinie $\nu_0$.

selbst wechselt die Dispersion ihr Vorzeichen (vgl. Fig. 1). Die Absorptionsgebiete sind sozusagen die Zentren der Dispersion, diese Gebiete „anomaler Dispersion" bestimmen den Verlauf auch der normalen Dispersion in großem Abstand von den Eigenwellenlängen. Dadurch werden die Dis-

persionserscheinungen mit der Quantentheorie verknüpft, da Lichtabsorption sicherlich eine sprunghafte, quantenmäßige Änderung der Materie zur Folge hat.

2. Die klassische Theorie der Dispersion führt in bekannter Weise zu der für Gase außerhalb des eigentlichen Absorptionsgebietes gültigen Dispersionsformel:

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \sum_s \frac{\mathfrak{N}_s}{\nu_s^2 - \nu^2}. \qquad (1)$$

Hier bedeutet $n$ den Brechungsquotienten, $\nu = \frac{c}{\lambda}$ die Schwingungszahl (Frequenz) der auffallenden Welle, $c$ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, $\lambda$ die Wellenlänge, $\nu_s$ die Eigenfrequenz (Absorptionsfrequenz) der als räumliche Oszillatoren aufgefaßten Elektronen, $e$ und $m$ die universellen Werte ihrer Ladung und Masse, und das Zeichen $\sum_s$ bedeutet die Summation über die Werte der verschiedenen durch den Index $s$ gekennzeichneten Elektronenarten. $\mathfrak{N}_s$ schließlich ist die Zahl dieser „Dispersionselektronen" in der Volumeinheit, von der man aus der Elektronentheorie nur weiß, daß sie der Atomzahl $N$ proportional ist:

$$\mathfrak{N}_s = N \cdot f_s; \qquad (1a)$$

der Proportionalitätsfaktor $f_s$ dagegen bleibt unbestimmt, tatsächlich besitzt er für verschiedene Absorptionslinien $\nu_s$ sehr verschiedene Werte.

Fig. 1 stellt die Dispersion eines verdünnten Gases in der unmittelbaren Umgebung einer isolierten Absorptionslinie $\nu_s$ gemäß der Theorie dar; man sieht wie mit Annäherung an $\nu_s$ sich $n$ plötzlich stark ändert und anomale Dispersion eintritt; — im Absorptionsgebiet selbst, für $\nu \infty \nu_s$ verliert die Formel (1) ihre Gültigkeit.

3. Die ursprüngliche Quantentheorie sagt über die Reaktion eines Atoms auf beliebige Frequenzen nichts aus, sie weiß noch nichts von Zerstreuung und Dispersion. Vielmehr kennt sie nur „vollständige Quantenübergänge" zwischen verschiedenen stationären, quantenmäßig ausgezeichneten Atomzuständen und daher nur die Beeinflussung der Atome durch Frequenzen $\nu_{jk}$ bzw. $\nu_{ji}$, die das Atom unter Absorption dieser Frequenz aus dem betrachteten Zustand $j$ in einen höheren Zustand $k$ bzw. durch „negative Absorption" aus $j$ in einen tieferen Zustand $i$ überführen können (s. beistehende Skizze). Im Rahmen dieser Theorie ist deshalb eine Behandlung der Dispersionserscheinungen nur mit Hilfe zusätzlicher, der klassischen Theorie entlehnter Annahmen möglich. Die auf diese Weise abgeleitete Dispersionsformel lautet[1]):

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \sum_j N_j \left[ \sum_k A_{kj} \frac{g_k}{g_j} \frac{\tau_{kj}}{3} \frac{1}{\nu_{kj}^2 - \nu^2} - \sum_i A_{ji} \frac{\tau_{ji}}{3} \frac{1}{\nu_{ji}^2 - \nu^2} \right]. \qquad (2)$$

[1]) Vgl. Anm. [1]) u. [2]) folg. Seite.

Sie enthält, wie man sieht, die gleiche von der Erfahrung bestätigte Abhängigkeit des Brechungsquotienten von der Frequenz $\nu$ der auffallenden Welle, wie die klassische Formel (1); die Unstetigkeitsstellen liegen wieder an den beobachtbaren Absorptionsfrequenzen, die statt durch $\nu_s$ quantenmäßig durch die Sprungfrequenzen $\nu_{kj}$ und $\nu_{ji}$ bezeichnet sind. Die erste Summation erstreckt sich über die verschiedenen Quantenzustände $j$, in denen die Atome in verschiedener Dichte $N_j$ vorkommen können; die zweite Summation geht über die von $j$ aus möglichen Quantensprünge $j \to k$ und $j \to i$. In zwei wesentlichen Punkten unterscheidet sich die quantentheoretische Dispersionsformel (2) von der klassischen. *Erstens* hat der Zähler, die in der klassischen Theorie unbestimmte Zahl $\mathfrak{N}_s$ eine bestimmte Bedeutung erhalten[1]); hier steht nämlich als wesentlichster Faktor neben der Atomdichte $N_j$ der Koeffizient der Übergangswahrscheinlichkeit $A_{kj}$ bzw. $A_{ji}$, d. i. die von EINSTEIN eingeführte Anzahl der spontanen Quantensprünge, die ein Atom aus einem höheren in einen tieferen Zustand pro Sekunde ausführen kann. Dieser Koeffizient $A$ korrespondiert dem Amplitudenquadrat der dem betreffenden Quantensprung entsprechenden harmonischen Komponente der Bewegung, und man kann leicht zeigen, daß dieses Amplitudenquadrat nicht nur die Häufigkeit dieser Quantensprünge, also die Intensität der zugehörigen Spektrallinie bestimmt, sondern auch die erzwungenen Schwingungen des Atoms unter dem Einfluß fremder Wellen, also die Dispersion regelt. *Zweitens* hat man nach KRAMERS[2]) quantentheoretisch gemäß den obengenannten zwei Arten von Absorption auch zwei verschiedene Arten von Dispersion zu unterscheiden, nämlich positive Dispersionsglieder, die der positiven Absorption beim Quantensprung $j \to k$ entsprechen, und negative Dispersionsglieder entsprechend der negativen Absorption beim Sprung $j \to i$. Die in den positiven Dispersionsgliedern noch enthaltenen Größen $g_k$ und $g_j$ bedeuten die statistischen Gewichte der Zustände $k$ und $j$, das sind kleine ganze Zahlen, die auf Grund des ZEEMANN-Effektes für eingeordnete Serienlinien bekannt sind[3]). Die Größe $\tau$ hat die Bedeutung der klassischen „Abklingungszeit", in der die Energie eines Oszillators auf den

[1]) Vgl. R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. **4**, 451. 1921, woselbst der Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit und der positive Teil der Formel (2) zum erstenmal abgeleitet wurde; s. a. R. LADENBURG und F. REICHE, Naturwissenschaften **11**, 596. 1923.

[2]) H. A. KRAMERS, Nature **113**, 673; **114**, 310. 1924 (Ableitung der vollständigen Dispersionsformel aus Korrespondenzbetrachtungen); s. a. H. A. KRAMERS und W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. **31**, 681. 1925.

[3]) Daß diese Quantengewichte in den negativen Gliedern nicht vorkommen, läßt sich durch einfache energetische Betrachtungen, gerade so wie der Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit, ableiten.

$e$-Teil sinkt und kann aus der klassischen Formel

$$r_s = \frac{3\,mc^3}{8\,\pi^2 e^2 \nu_s^2}$$

für jede Eigenfrequenz $\nu_s$ ohne weiteres berechnet werden.

Es verdient besondere Beachtung, daß die neue Quantenmechanik und zwar sowohl in der HEISENBERGschen[1]), wie in der SCHROEDINGERschen[2]) Form, in konsequenter und rationaler Weise ohne besondere Annahmen wieder auf die obige Dispersionsformel (2) führt.

Die negativen Dispersionsglieder sind theoretisch von großer Bedeutung. Jedoch fallen sie naturgemäß für Atome in den Normal- oder metastabilen Zuständen fort, da aus diesen keine spontanen Übergänge in tiefere Quantenzustände stattfinden können. Zur Beurteilung des Einflusses der negativen Dispersionsglieder auf Dispersionsmessungen angeregter Gase fassen wir die Glieder mit gleichem Nenner $\nu_s^2 - \nu^2$ zusammen, da nur für kleine Abstände $\nu_s - \nu$ eine Beeinflussung des Brechungsquotienten von verdünnten Gasen nachweisbar ist; so erhalten wir, indem wir die Glieder der ersten Summe einzeln hinschreiben:

$$(n^2-1)\frac{\pi m}{e^2} = \sum_j \frac{A_{ji}\nu_{ji}}{3\,(\nu_{ji}^2-\nu^2)}\left[\frac{g_j}{g_i}N_i - N_j\right] + \sum_k \frac{A_{kj}\nu_{kj}}{3\,(\nu_{kj}^2-\nu^2)}\left[\frac{g_k}{g_j}N_j - N_k\right] + \dots$$

Auch bei starker Anregung ist im allgemeinen die Atomzahl der höheren Quantenzustände ($j$ bzw. $k$) um mehrere Zehnerpotenzen kleiner als die der tieferen Quantenzustände ($i$ bzw. $j$). Daher ist ein Einfluß der negativen Dispersionsglieder im allgemeinen nicht zu erwarten; vielleicht wird es durch besondere Anordnungen möglich sein, diesen Einfluß nachzuweisen.

4. Bei der experimentellen Prüfung der quantentheoretischen Dispersionsformel haben wir uns in erster Linie mit dem neuen Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit befaßt. Handelt es sich um Gase oder Dämpfe im unangeregten Zustand, so kann man sich nach dem oben Gesagten in der Dispersionsformel exakt auf die positiven Glieder beschränken. Jener Zusammenhang besteht dann in der Beziehung[3]):

$$\Re = f_s N = N_j \cdot A_{kj}\,\frac{g_k}{g_j}\,\frac{\tau_{kj}}{3}. \qquad (2a)$$

Dabei ist $N_j$ die Zahl der Normalatome im Kubikzentimeter.

Für die $D$-Linien des Na-Dampfes im nichtleuchtenden Zustand hat R. MINKOWSKI[4]) in seiner Dissertation durch Messungen der Dispersion bzw. der ihr äquivalenten anomalen magnetischen Drehung der Polarisationsebene in einem großen Dampfdruckintervall die charakteristische Konstante $\Re_s$ bestimmt; durch Vergleich mit direkten Messungen des Na-Dampfdruckes, d. h. von $N$, erhält man so den Faktor $f_s$ und findet[1]) für die beiden $D$-Linien den gleichen Wert für die Übergangswahrscheinlichkeit:

$$A = \frac{1}{\tau} = 0{,}64 \cdot 10^8.$$

Die $D$-Linien entsprechen dem Quantensprung aus dem angeregten $p_1$- bzw. $p_2$-Zustand in den Normalzustand $s$. Da aus den $p$-Zuständen nur der *eine* Übergang nach $s$ möglich ist, ist die Wahrscheinlichkeit dieses Überganges gleich dem reziproken Wert der Verweilzeit (Lebensdauer) $T$ des Atoms im $p$-Zustand, und das Ergebnis bedeutet, daß diese für beide Zustände gleich und gleich der Abklingungszeit eines klassischen Oszillators gleicher Frequenz ist. Andererseits kann man die Größe $T$ unmittelbarer aus der magnetischen Drehung der Polarisationsebene der Resonanzstrahlung bestimmen und findet[2]) $\frac{1}{T} = 0{,}74 \cdot 10^8$, also nahe den obigen Wert $A$, ferner aus der „natürlichen" Breite der $D$-Linien und erhält[3]) $\frac{1}{T} = 0{,}62 \cdot 10^8$, also genau den obigen Wert. Diese Übereinstimmung bildet daher eine exakte quantitative Bestätigung der Formel (2a). Ähnlich ergibt sich für die Hg-Linie 2537 aus Dispersions-[4]) bzw. Absorptionsmessungen[5])

$$A_{2537} = 1{,}1 \quad \text{bzw.} \quad 0{,}8 \times 10^7,$$

während die unmittelbaren Messungen[6])

$$A = \frac{1}{T} \approx 1 \cdot 10^7$$

bzw. nach W. WIEN aus dem Abklingen der Kanalstrahlen[7])

$$\frac{1}{T} = 1{,}0 \times 10^7$$

liefern, also ebenfalls in guter Übereinstimmung mit der aus Formel (2a) gezogenen Folgerung. Ferner ist es schon lange bekannt, nach der klassischen Dispersionstheorie aber unverständlich, daß die anomale Dispersion an höheren Gliedern der Absorptionsserie der Alkalidämpfe mit der Gliednummer rasch abnimmt; nach unserer quantentheoretischen Auffassung läßt sich diese Erscheinung durch die gleichzeitige Abnahme der Übergangswahrscheinlichkeit der Quantensprünge

[1]) M. BORN, W. HEISENBERG; und P. JORDAN, Zeitschr. f. Phys. **35**, 565 ff. 1925.

[2]) E. SCHROEDINGER, Ann. d. Phys. **81**, 109 spez. S. 119 ff. 1926

[3]) Siehe R. LADENBURG, a. a. O.

[4]) Dissert. Breslau 1921; Ann. d. Phys. **66**, 206. 1921; s. a. R. LADENBURG u. R. MINKOWSKI, Zeitschr. f. Phys. **6**, 152. 1921.

[1]) Vgl. R. LADENBURG und R. MINKOWSKI, a. a. O.

[2]) A. ELLETT, Journ. Opt. Soc. Amer. **10**, 427. 1925.

[3]) R. MINKOWSKI, Zeitschr. f. Phys. **36**, 839. 1926.

[4]) R. W. WOOD, Phil. Mag. **25**, 433. 1913; vgl. Beibl. **38**, 240. 1914.

[5]) CHR. FÜRCHTBAUER und G. JOOS, Phys. Zeitschr. **21**, 635. 1920.

[6]) W. HANLE, Zeitschr. f. Phys. **30**, 93. 1924.

[7]) Ann. d. Phys. **73**, 503. 1924.

aus höheren Zuständen in den Grundzustand vorläufig wenigstens qualitativ deuten[1]).

5. In anderer Weise läßt sich die quantentheoretische Dispersionsformel durch Dispersionsmessungen an elektrisch erregten, leuchtenden Gasen prüfen. Die Theorie verlangt, daß in der Umgebung jeder Eigenfrequenz $\nu_s \equiv \nu_{kj}$, d. h. jeder Spektrallinie anomale Dispersion stattfindet. Sie ist aber im allgemeinen bei den meist benutzten relativ kleinen Stromdichten wegen ihres geringen Betrages nicht beobachtbar. Bei starker Anregung durch Kondensatorentladungen wurde aber schon vor längerer Zeit vom Verf. (z. T. gemeinsam mit LORIA) an der roten und der grünen Wasserstofflinie der Balmerserie anomale Dispersion nachgewiesen und einigermaßen quantitativ gemessen[2]). Neuerdings hat Verf. gemeinsam mit H. KOPFERMANN und AGATHE CARST mittels JAMINschem Interferentialrefraktor und großem Plangitter Dispersionsmessungen an verschiedenen leuchtenden Gasen (He, Ne, Hg, H) ausgeführt[3]), die ähnlich wie bei den Absorptionsversuchen von F. PASCHEN[4]) und von K. W. MEISSNER[5]) an He und Ne mit Gleichstrom erregt wurden. Gemäß der theoretischen Erwartung tritt in der Tat bei geeigneten Versuchsbedingungen in der unmittelbaren Umgebung vieler Spektrallinien der leuchtenden Gase anomale Dispersion (a. D.) in mehr oder weniger ausgeprägter Weise auf, und es ist möglich, die Größe dieser a. D. unter genau reproduzierbaren Bedingungen quantitativ zu untersuchen. Fig. 2*a* zeigt den Effekt an drei dicht beieinanderliegenden roten Linien des Ne bei horizontalen Interferenzstreifen, die in der unmittelbaren Umgebung der Linien (im Bereich von etwa 1 Å-Einheit) den theoretisch geforderten Verlauf der a. D. unmittelbar anzeigen (vgl. a. Fig. 1). Quantitative Messungen ermöglicht die „Hakenmethode", bei der durch Einschalten einer Kompensatorplatte stark geneigte Interferenzstreifen entstehen[6]); aus dem Wellenlängenabstand der dadurch gebildeten scharfen Haken zu beiden Seiten der Spektrallinien (vgl. Fig. 2*b* u. 2*c*) kann man unmittelbar die Größe $\mathfrak{N}$ bestimmen und somit nach der quantentheoretischen auf die positiven Dispersionsglieder beschränkten Dispersionsformel zunächst wenigstens das Produkt $N_j \times A_{kj}$ [Gleichung (2a)], da die Quantengewichte $g_k$ und $g_j$ sowie $\nu_{kj}$ bekannt sind. Die Zahl $N_j$ bedeutet dabei die auch bei bekanntem Gasdruck zunächst unbekannte Zahl der angeregten Atome im Zustande $j$. Relative Messungen an verschiedenen vom *gleichen* tieferen Energieniveau $j$ ausgehenden Linien unter genau gleichen äußeren Bedingungen (Druck, Temperatur, elektrische Erregung) liefern daher Relativwerte der verschiedenen Übergangswahrscheinlichkeiten, relative Messungen an *derselben* Linie unter verschiedenen äußeren Bedingungen andererseits geben Aufschluß über die entsprechenden Änderungen der Atomzahlen $N_j$ im zugehörigen unteren Niveau $j$, soweit sich nicht gleichzeitig die Übergangswahrscheinlichkeiten ändern. Vergleicht man ferner das Verhältnis der a. D. an zwei Linien, die zum gleichen oberen Niveau $k$, aber zu verschiedenen unteren Niveaus $j_1$ und $j_2$ gehören und kennt zugleich das Intensitätsverhältnis dieser Linien[1]), so kann man das Verhältnis ihrer $A$-Werte eliminieren und erhält das Verhältnis der zu den unteren Niveaus gehörigen Atomzahlen $N_{j_1} : N_{j_2}$.

Unsere vorliegenden Messungen ergeben an vielen dem *ersten* Quantensprung einer Serie entsprechenden Linien des He, Ne und Hg gut meßbare Effekte, z. T. schon bei einer Stromdichte von ein oder wenigen Milliampere (mA), falls die Gase genügend rein sind. Der Vergleich der untersuchten Linien mit dem bekannten Serienschema zeigt, daß die relativ großen Effekte ihre Ursache darin haben, daß die zu den betreffenden Linien gehörigen *unteren* Niveaus $j$ *metastabil* sind[2]), d. h. keine spontanen Übergänge nach tieferen Niveaus ausführen und daher nicht von selber wieder zerfallen können. Infolgedessen reichern sie sich nach ihrer Anregung durch Elektronenstoß rasch an und liefern die für den Nachweis der a. D. und der Absorption erforderliche große Zahl $N_j$ — wie bereits MEISSNER aus seinen Absorptionsversuchen schloß[3]). Diese metastabilen Zustände zerfallen erst wieder durch Stöße an die Wand oder neue Zusammenstöße mit Elektronen oder Atomen. Die Erscheinung wurde bisher besonders an etwa 30 im Rot liegenden $s$-$p$-Linien des Neons ausführlich untersucht. Die zu metastabilen $s$-Zuständen gehörigen Linien zeigen a. D. tatsächlich z. T. schon bei einer Stromdichte unter 1 mA, die zu instabilen $s$-Zuständen gehörigen Linien dagegen erst bei höheren, z. T. erst bei dem 100fachen Strom.

Untersucht wurde ferner der Einfluß der

[1]) Vgl. R. LADENBURG, Zeitschr. f. Phys. **4**, 457. 1921.

[2]) R. LADENBURG und ST. LORIA, Verhandl. d. dtsch. phys. Ges. **10**, 858. 1908; R. LADENBURG, Ann. d. Phys. **38**, 249. 1913. Vgl. ferner die Untersuchungen an vielen Linien des Kohlelichtbogens von H. GEISLER, Diss. Bonn 1909, und am Hg-Lichtbogen von P. P. KOCH und W. FRIEDRICH, Phys. Zeitschr. **12**, 1193. 1911.

[3]) Vgl. Phys. Zeitschr. **26**, 689, 1925 sowie Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1926, S. 256.

[4]) Ann. d. Phys. **45**, 625. 1914.

[5]) Ann. d. Phys. **76**, 124. 1925; vgl. ferner H. B. DORGELO, Zeitschr. f. Phys. **34**, 176. 1925.

[6]) Vgl. D. ROSCHDESTWENSKY, Ann. d. Phys. **39**, 307. 1912.

[1]) Denn in unserer Bezeichnungsweise ist die Intensität einer Linie $k \to j$

$$J_{kj} = N_k \cdot A_{kj} \cdot h\nu_{kj}.$$

[2]) Vgl. J. FRANCK und F. REICHE, Zeitschr. f. Phys. **1**, 154. 1920.

[3]) A. a. O.; vgl. auch die direkte Messung der Lebensdauer dieser Zustände aus Absorptionsversuchen durch MEISSNER (Phys. Zeitschr. **26**, 687. 1925) und DORGELO (a. a. O. sowie Physica **5**, 429, 1925).

äußeren Bedingungen, speziell wachsenden Stromes auf die a. D. der einzelnen Linien. Es zeigt sich, daß die Effekte der a. D. zwar anfangs mit wachsendem Strom steigen, aber dann mehr oder weniger rasch einem Sättigungswert zustreben, den sie auch bei starker Stromsteigerung nicht mehr überschreiten. Dies bedeutet nach den oben gezogenen Folgerungen aus der quantentheoretischen Dispersionsformel, daß die Zahlen $N_j$ der Atome in den zugehörigen $s$-Zuständen einen Maximalwert

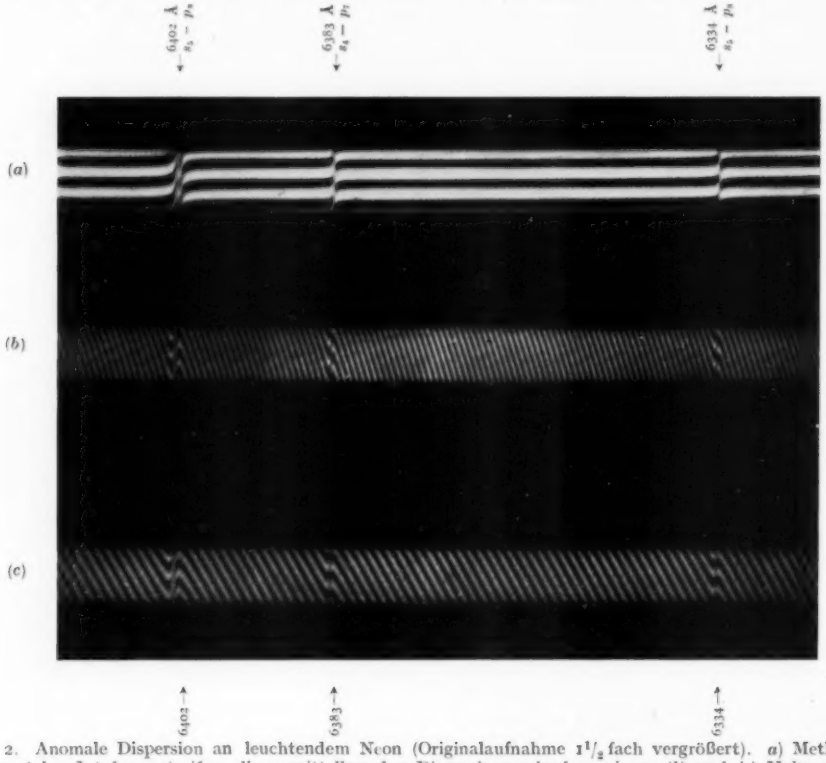



Fig. 2. Anomale Dispersion an leuchtendem Neon (Originalaufnahme $1^1/_2$ fach vergrößert). *a*) Methode der horizontalen Inteferenzstreifen, die unmittelbar den Dispersionsverlauf anzeigen; (*b*) und (*c*) Hakenmethode; der Wellenlängenabstand der Haken von einander ist ein quantitatives Maß der Dispersion.

erreicht haben. Bei der zugehörigen Stromdichte werden also ebensoviel $s$-Atomzustände durch Elektronenstoß erzeugt wie vernichtet; man kann daher aus solchen Versuchen Schlüsse über die Ausbeute der Elektronenstöße ziehen. Dabei zeigt sich weiter, daß das Verhältnis der Atomzahlen der untersten 3 $s$-Zustände des Neons im „Sättigungszustand" ziemlich genau gleich dem Verhältnis der zugehörigen Quantengewichte 5 : 3 : 1 ist, daß sich also ein statistischer Gleichgewichtszustand bei dieser elektrischen Erregung ausbildet, ähnlich wie bei einem Temperaturgleichgewicht. Die Dispersionsversuche erlauben ferner die Relativwerte der zu den verschiedenen Linien gehörigen $A$-Werte, d. h. der Übergangswahrscheinlichkeiten (Ü.W.) zu bestimmen. Es ergibt sich u. a., daß immer die Ü.W. des ersten Quantensprungs einer Serie weit größer als die Ü.W. der folgenden Quantensprünge ist, und daß Interkombinationslinien zwischen Singlet- und Tripletsystemen im allgemeinen eine relativ kleine Ü.W. besitzen, in Übereinstimmung mit korrespondenzmäßigen Überlegungen.

Schwieriger als die Dispersionsversuche an He, Ne und Hg sind die an H. Hier muß man die von WOOD und BONHOEFFER angegebenen Bedingungen zur Erzeugung von atomamem Wasserstoff erfüllen, erhält aber doch erst bei ca. 100 mA Stromdichte meßbare Effekte[1]), und zwar zunächst

[1]) Ähnlich wie bei dem instabilen $s_2$-Zustand des Neons, so daß sich bei H der metastabile Charakter des niedrigsten Anregungszustandes hier anscheinend nicht bemerkbar macht; vgl. dazu A. SOMMERFELD und A. UNSÖLD, Zeitschr. f. Phys. **38**, 241. 1926, sowie das Buch von J. FRANCK und P. JORDAN, Anregung von Quantensprüngen durch Stöße, S. 116/117. 1926.

an der roten Balmerlinie $H_\alpha$, bei höherem Strom auch an $H_\beta$. Hier sind Messungen der a. D. besonders interessant, weil die Ü.W. aus quantentheoretischen Vorstellungen berechnet werden kann. Absolutwerte der Ü.W. sind allerdings zur Zeit noch nicht meßbar, wohl aber das Verhältnis der a. D. und der Ü.W. von $H_\alpha : H_\beta$. Hierfür hatte die ältere Quantentheorie 6,2 : 1 ergeben[1]), aus der neuen Quantenmechanik nach E. SCHRÖDINGER[2]) folgt der wenig verschiedene Wert 5,4 : 1. Die älteren, noch ziemlich unsicheren Messungen des Verf. mit Kondensatorentladungen hatten für dies Verhältnis 4,5 : 1 geliefert (äußerste Grenzen 3 : 1 und 6 : 1), die neuen Messungen mit Gleichstrom sind noch nicht abgeschlossen, sie scheinen aber wiederum den theoretischen Wert zu bestätigen.

[1]) Vgl. R. LADENBURG und F. REICHE, a. a. O., S. 594.

[2]) Ann. d. Phys. 80, 477. 1926.

Naturgemäß ist die Fortführung dieser Untersuchungen der a. D. in verschiedener Hinsicht notwendig und verspricht noch mancherlei Aufklärung über die Häufigkeit der Quantensprünge und die Vorgänge der Anregung und Vernichtung von Quantenzuständen. Vor allem ist es wünschenswert, durch Wahl geeigneter Versuchsbedingungen die Wirkung der „negativen Dispersion" in der quantentheoretischen Dispersionsformel nachzuweisen. Andererseits ist wohl bereits jetzt der andere wesentlich neue, quantentheoretische Inhalt dieser Formel, der Zusammenhang zwischen Dispersion und Übergangswahrscheinlichkeit, in mehreren Fällen experimentell als bestätigt anzusehen.

Unsere zuletztgenannten neueren Untersuchungen wurden von der Japanstiftung und dem Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft in dankenswerter Weise unterstützt.

## Kohlenverflüssigung und restlose Kohlenvergasung.

Von FRANZ FISCHER, Mülheim (Ruhr).

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung.)

Es sind noch nicht viele Jahre her, da wurde in der Öffentlichkeit zur Beseitigung der Rauchplage und zur Gewinnung der wertvollen Nebenprodukte, die sich bei der Kohlendestillation und bei der Kohlenvergasung fassen lassen, die restlose Vergasung der Kohlen gefordert. Die Radikalsten verlangten, daß überhaupt keine Kohlen mehr als solche zur Verbrennung gelangen dürften, sondern lediglich ihre Vergasungsprodukte. Die Kohlen sollten also entweder zu Generatorgas oder zu Wassergas vergast werden, dabei sollten Ammoniak, Teer und Benzol gewonnen werden. Unter den verschiedenen Schwierigkeiten, die sich der allgemeinen Einführung dieser Methoden entgegenstellten, ist in erster Linie die Tatsache zu nennen, daß die erzeugten Gase einen verhältnismäßig geringen Heizwert haben, das Generatorgas beispielsweise 1200 WE/cbm, das Wassergas annähernd 3000 WE/cbm. Bei dem kontinuierlichen Generatorgasprozeß beträgt der thermische Wirkungsgrad etwa 80%, bei dem diskontinuierlichen Wassergasprozeß ist er geringer. An und für sich wäre also der erste Prozeß vorzuziehen, der niedere Heizwert des Gases jedoch schließt seinen Versand auf irgendwelche größere Entfernungen aus, da das Rohrleitungssystem, verglichen mit der in Gasform transportierten Energiemenge, viel zu teuer wird. Aber auch für das Wassergas gilt, wenn auch nicht in diesem Umfange, die gleiche Betrachtung, ganz abgesehen davon, daß der hohe Kohlenoxydgehalt des Wassergases für die Verwendung zu häuslichen Zwecken bedenklich erscheint.

Es erschien deshalb von außerordentlichem Interesse, als vor 24 Jahren SABATIER zeigte, daß durch Katalyse ein Gemisch von 3 Teilen Wasserstoff und 1 Teil Kohlenoxyd in Methan sich umwandeln ließ. Aus dem ursprünglichen Gemisch, beispielsweise von 3 cbm Wasserstoff und 1 cbm Kohlenoxyd, wurde 1 cbm Methan, außerdem bildete sich Wasser. Das neue Gas hatte einen Heizwert von annähernd 9000 WE/cbm, während das angewendete etwa 3000 WE/cbm besaß. Da aber aus 4 cbm angewendetem Gas mit insgesamt 12 000 WE nunmehr nur 1 cbm mit 9000 WE entstand, so war ein Heizwertverlust von 25% eingetreten. Das Gasvolumen war auf den 4. Teil zurückgegangen, der Heizwert aber auf das 3fache erhöht; es war jetzt in einem Kubikmeter soviel Heizwert konzentriert wie vorher in dreien. Man hat damals versucht, auf diesem Wege die Vergasung der Kohle wirtschaftlich zu gestalten, der sogenannte Cedfordprozeß ist ein Beispiel davon. Da entsprechend der Vorschrift von SABATIER feinverteiltes Nickel als Kontakt verwendet wurde, mußte das Wassergas auf das Sorgfältigste von Schwefelverbindungen gereinigt werden. Man versuchte dies u. a. in der Weise, daß man nach dem LINDEschen Verfahren das Gas durch Tiefkühlung und Kompression soweit verflüssigte, daß ein Teil des Kohlenoxyds und die Verunreinigungen sich ausschieden, während ein gereinigter Gasrest übrig blieb, in welchem sich die Menge des Wasserstoffs zu der des Kohlenoxyds verhielt wie 3 : 1, während im ursprünglichen Wassergas das Mengenverhältnis 1 : 1 gewesen war, mit anderen Worten, $^2/_3$ des Kohlenoxyds und die katalytisch gefährlichen Verunreinigungen sollten ausgefroren werden. In den Jahren vor dem Kriege machte man sich in vielen Kreisen Hoffnung, daß auf diese Weise die restlose Vergasung der Kohlen gelöst werden könne, indem man sich nicht auf die Wassergaserzeugung beschränkte, sondern die katalytische Umwandlung desselben in das heiz-

kräftigere und ungiftige Methan hinzufügte. Aber auch in dieser schon vollkommneren Form hat sich die restlose Vergasung der Kohle nicht eingeführt. Über die Gründe beschränkt man sich zweckmäßigerweise auf Vermutungen. Betrachtet man die technische Seite, so ist zwar anzunehmen, daß durch das Ausfrierverfahren die gefährlichen Verunreinigungen beseitigt werden können, ob aber in einem auf die Dauer ausreichendem Maße, ist nicht ohne weiteres zu sagen. Von der wirtschaftlichen Seite aus betrachtet ist wohl anzunehmen, daß die Gasreinigung und Regulierung der Gaszusammensetzung durch das Ausfrierverfahren zu kostspielig war, denn schließlich wurde doch als einziges Ergebnis des ganzen Prozesses lediglich Methan gewonnen, das vielfach nicht soviel wertvoller war als das Wassergas. Und doch wäre es so außerordentlich wichtig, wenn die Kokereien und Gasanstalten ihre Koksüberschüsse ebenfalls mehr oder weniger restlos in heizkräftiges Gas verwandeln und dieses dem Leuchtgas beimengen könnten, anstatt vorübergehend oder dauernd in große Schwierigkeiten bez. des Koksabsatzes zu geraten.

Hier kann nun die Kohlenverflüssigung als wichtiger Helfer sich erweisen. Ich setze voraus, daß es den Lesern aus den vielen Veröffentlichungen der letzten Zeit bekannt ist, daß es zur Zeit 3 Methoden der Kohlenverflüssigung gibt, nämlich 2 Hochdruckverfahren und ein Verfahren, welches bei gewöhnlichem Druck arbeitet. Von den ersten beiden stammt das eine von BERGIUS und besteht in der Einwirkung von Wasserstoff auf Kohlen bei etwa 450° und mehreren hundert Atmosphären Druck. Das andere ist ebenfalls ein Hochdruckverfahren und stammt von der Badischen Anilin- und Sodafabrik. Bei ihm wird Wassergas beispielsweise bei 100 Atm-Druck über Kontakte geleitet, wobei erdölartige und sauerstoffhaltige organische Verbindungen entstehen, je nach den Versuchsverhältnissen. Das Verfahren bei gewöhnlichem Druck stammt von DR. TROPSCH und mir und bildet eigentlich die Weiterentwicklung der SABATIERschen Methanherstellung. Es vollzieht sich bei Temperaturen zwischen 200 und 300° und gewöhnlichem Druck mit Katalysatoren, die meist Kobalt oder Eisen enthalten. Es geht von Wassergas aus, das Verhältnis der Bestandteile braucht jedoch nicht verändert zu werden, aber die katalytisch schädlichen Verunreinigungen müssen entfernt werden, was jedoch auf eine neue und sehr viel einfachere Art geschieht, als es SABATIER vorgeschlagen hatte. Das Verfahren gestattet nun, beispielsweise beim Überleiten des Wassergases über einen Katalysator, Benzin, Petroleum und festes Paraffin zu erzeugen, deren gegenseitiges Mengenverhältnis durch die Versuchsbedingungen variiert werden kann. Festes Paraffin und Petroleum scheiden sich von selbst aus dem Reaktionsgase aus, das Benzin wird aus ihm mit einem festen Absorptionsmittel herausgenommen und aus diesem nachträglich in bekannter Weise mit Dampf herausgeblasen. Das so gewonnene Benzin ist wasserklar, unveränderlich und ist praktisch identisch mit dem besten amerikanischen Luxusbenzin. Irgendeine Raffination ist überflüssig. Beim einmaligen Übergang über den Katalysator ist das Gas jedoch noch nicht vollkommen umgesetzt, man leitet es deshalb noch über einen zweiten Katalysator, der den Umsatz vervollständigt. Nach Herausnahme der neugebildeten Menge flüssiger Produkte und Auswaschen der Kohlensäure hinterbleibt dann ein Gas von 6—7000 WE/cbm und noch mehr, je nach den Versuchsbedingungen. Betrachtet man unsere Art der Kohlenverflüssigung, die sich über das Wassergas bei gewöhnlichem Druck vollzieht, vom Standpunkt der restlosen Kohlenvergasung, so kommt man zu einem interessanten Ergebnis. Sie kann nämlich als vereinfachter und verbesserter Cedfordprozeß aufgefaßt werden. Vereinfacht durch den Fortfall des Ausfrierverfahrens und ganz wesentlich verbessert dadurch, daß sie nicht nur Methan, sondern als weitere Produkte Benzin, Petroleum und festes Paraffin liefert. Ob man diese Produkte dabei als Nebenprodukte oder Hauptprodukte bezeichnen will, hängt davon ab, wozu man den Prozeß in erster Linie zu benutzen beabsichtigt. Man kann ihn leicht so leiten, daß er mehr heizkräftiges Gas oder so, daß er mehr flüssige Produkte liefert. Es wird noch allerlei Arbeit kosten, bis dieses 3. Stadium der restlosen Kohlenvergasung in die Praxis eingeführt ist. Aber der Umstand, daß es ohne Anwendung von hohen Drucken ausgeführt werden kann, eröffnet ihm vor allem auch im Hinblick auf die kommende Ferngasversorgung Aussichten. Denn die künftige Entwicklung der Kohlenwirtschaft geht doch wohl dahin, daß, soweit die Kohlen in den Kohlengewinnungsgebieten nicht in elektrische Energie umgewandelt und als solche versandt werden, sie in Form von heizkräftigem Gas und Ölen durch Fernleitungen anstatt durch Eisenbahnen und Schiffe ihren Verwendungsort erreichen.

## Über ein Gaspyrometer.

Von HERMANN SCHMIDT, Düsseldorf.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung.)

Das Zusammenwirken von Wissenschaft und industrieller Technik bringt eine Reihe von Kleinaufgaben hervor, zu denen auch die Frage der Gastemperaturmessung gehört. Für die Energiewirtschaft der Technik und für das Studium der Fragen des Wärmeübergangs ist die Messung der Temperatur von Gasen nicht zu entbehren. Es fehlt aber für viele Fälle bisher eine befriedigende Lösung dieser Aufgabe.

Die Schwierigkeit der Gastemperaturmessung liegt darin, daß das Thermometer (Thermoelement) mit seiner selektiv strahlenden Umgebung (Gas und Wände des Gasbehälters) oft nicht im Strahlungsgleichgewicht steht, sondern infolge seiner Ausstrahlung Energie verliert; den Fall des Energiegewinns durch Einstrahlung schalten wir aus. In vielen Fällen, z. B. bei Flammrohrkesseln, Gaskanälen, Winderhitzern und Glühöfen, überwiegt übrigens die Ausstrahlung die Einstrahlung meist erheblich.

Neben mehreren anderen Verfahren wird in den sog. *Absauge- oder Durchflußpyrometern* die Fehlanzeige eines einfachen Thermoelements durch Vergrößerung des Wärmeübergangs von dem Gas an das Thermometer durch erzwungene Strömung gemindert. Die Beseitigung des Fehlers ist durch alleinige Steigerung der Durchflußgeschwindigkeit in vielen Fällen jedoch nicht zu erreichen. Die mit steigender Gasgeschwindigkeit asymptotisch erreichte Temperaturanzeige des Pyrometers braucht nicht die Gastemperatur zu sein.

Bessere Meßergebnisse können durch Einbau eines *Strahlungsschutzes* erzielt werden, der auf die Temperatur des Meßinstrumentes elektrisch aufgeheizt wird, wobei ein zweites Instrument zur Messung der Temperatur des Strahlungsschutzes dient. Ein solcher Strahlungsschutz macht das Instrument jedoch träge, so daß das Meßverfahren zeitraubend und bei Inkonstanz der zu messenden Temperatur erschwert oder praktisch unmöglich wird. Sodann muß der Strahlungsschutz, der in Form eines Zylinders das Thermoelement umgibt, verhältnismäßig ausgedehnt sein, damit die Abstrahlung des Thermoelements durch die Grundflächen des Zylinders möglichst gering wird. Die für exakte Messungen erforderliche gleichmäßige Temperierung des Strahlungsschutzes ist besonders in strömenden heißen Gasen örtlich und zeitlich veränderlicher Temperatur kaum zu gewährleisten. Ferner ist bei der Methode des geheizten Strahlungsschutzes eine Überheizung des Meßthermoelements durch Überkompensation des Strahlungsverlustes möglich. Schließlich bleiben Verluste durch Ableitung auch bei Verwendung eines geheizten Strahlungsschutzes eine Quelle für Meßfehler.

Ein zuerst auf Anregung von NERNST VON BERKENBUSCH angewandtes und später von HANS SCHMIDT verbessertes Verfahren zur Messung von Flammentemperaturen beruht nun darauf, daß man dem Thermoelement unmittelbar den Energieverlust, den es durch Ausstrahlung erfährt, aus einer sekundären Energiequelle ersetzt. Dieser Energieverlust durch Ausstrahlung ist jedoch nur dann bekannt, wenn das Thermoelement das Strahlungsfeld allein bestimmt, wie es z. B. bei der Messung in einer dünnen, frei brennenden Bunsenflamme, mit größter Näherung zutrifft.

In den genannten technischen Fällen bestimmt aber die Umgebung oft wesentlich, aber in verschiedenem und im Einzelfall auch veränderlichem Maß das Strahlungsfeld in der Umgebung des Thermometers mit, so daß das Maß der sekundär zuzuführenden Energie unbekannt bleibt und man bei einer ohne Rücksicht auf die Einstrahlung gewählten Aufheizung des Thermoelements die Gastemperatur überschreitet. Dieser Fall ist aber leicht zu erkennen, da der konvektive Wärmeübergang von Gas an das Thermoelement von der Gasgeschwindigkeit abhängig ist. *Ist das Thermoelement überheizt, so wird bei mäßiger Beschleunigung des Gasstromes in der Umgebung seiner Lötstelle die Temperatur der Lötstelle sinken; ist dagegen die Lötstelle noch nicht auf die Gastemperatur geheizt, so wird bei der gleichen Beschleunigung des Gasstromes die Temperatur steigen.* Es wird leicht sein, die Gastemperatur zwischen zwei nahe beieinanderliegende Temperaturwerte einzugrenzen. Das Schema einer solchen gaspyrometrischen Messung zeigt Fig. 1. Die Fußpunkte der Pfeile

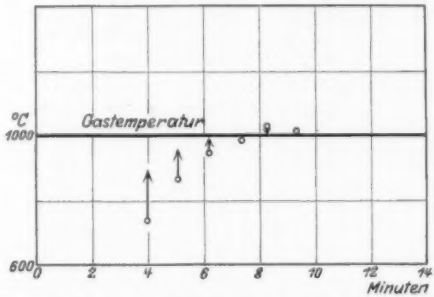



Fig. 1. Schema der Messung mit dem Gaspyrometer.

geben die infolge der Heizung erreichte Gleichgewichtstemperatur an; die Pfeilrichtung und Pfeillänge bezeichnen Steigen oder Fallen der Temperatur des Heizbügels infolge der Beschleunigung des Gasstromes. Die Gastemperatur liegt zwischen zwei einander entgegenzeigenden Pfeilspitzen.

Die praktische Ausführung der Meßanordnung des Gaspyrometers zeigen die folgenden Bilder. Fig. 2 und 3 zeigt den Kopf des Pyrometers.

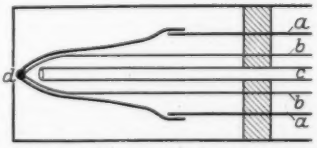



Fig. 2. Gaspyrometerkopf; Schema.

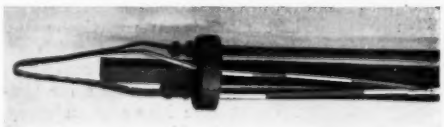


Fig. 3. Gaspyrometerkopf.

Die Heizung des Thermoelements erfolgt durch einen elektrisch geheizten Chromnickelbügel (*a*), mit dem die Lötstelle des Thermoelements (*b*) vernietet ist. Die Lötstelle ist unmittelbar hinter einer Düse (*d*) angeordnet. Die Beschleunigung des Gases erfolgt z. B. durch Absaugen mit einer Wasserstrahlpumpe durch das Saugrohr (*e*). Fig. 4 zeigt in leichtverständlicher Weise die Gesamtanordnung des Pyrometers; für die elektrische Heizung wird zweckmäßig Wechselstrom unter Zwischenschaltung eines Transformators verwandt, damit die Spannung an dem Meßinstrument niedrig bleibt und es an eine gewöhnliche Lichtleitung angeschlossen werden kann.

Als *Beispiel für betriebsmäßige Messungen* ist in Fig. 5 eine Meßreihe gezeigt, die etwa 1 m

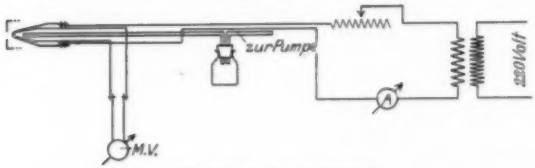



Fig. 4. Schaltung des Gaspyrometers.

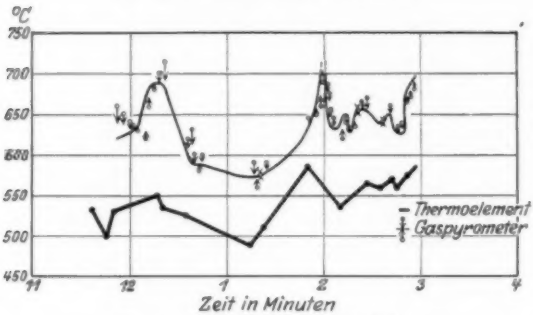



Fig. 5. Gastemperatur; Kupolofen.

unterhalb der Gichtbühne eines Gießerei-Kupolofens während des Betriebes aufgenommen wurde. Das Absaugen mit der Wasserstrahlpumpe konnte hier fortfallen; wegen des Überdrucks im Ofen genügte es, den Abschlußhahn des Pyrometers zu öffnen oder zu schließen. Die untere Kurve gibt die Temperaturen des ungeheizten Thermoelements bei der natürlichen Strömung des Gases wieder. Es hat sich gezeigt, daß es leicht gelingt, die Gastemperatur bei ausreichender zeitlicher Konstanz in ein Temperaturintervall von 10° einzugrenzen. Die große Differenz zwischen den beiden Kurven läßt einmal die praktische Bedeutung der Gastemperaturmessung deutlich erkennen und weist ferner auf einen auffallend geringen Wärmeübergang des Gases an seine Umgebung hin. Fig. 6 gibt eine Messung an einem Selasglühofen wieder. Die Konstruktion dieses Ofens bringt es mit sich, daß Gas- und Wandtemperatur nur wenig voneinander abweichen. Der Umkehrpunkt trat nicht auf; bei Absaugen ohne Heizung trat keine Temperatursteigerung ein.

*Zur Kritik des Verfahrens:* Die *Messung der räumlichen Temperaturverteilung ist im allgemeinen nicht möglich;* das Temperaturfeld wird durch die Messung verändert; die Messung ergibt bei örtlicher Inkonstanz der Temperatur einen Mittelwert über das für eine Beobachtung nötige Durchflußvolumen. Bei Steigerung der Gasgeschwindigkeit, die die vorher erwähnte Empfindlichkeit erhöht, vergrößert sich das Volumen, das zur Mittelwertbildung beiträgt. Für viele praktische Fälle ist aber diese Mitteltemperatur gerade die gesuchte Größe.

Es läßt sich ferner leicht zeigen, daß bei den geringen notwendigen Beschleunigungen der Gasbewegung *eine Abkühlung des*

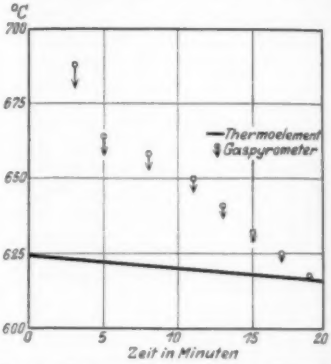



Fig. 6. Gastemperaturmessung; Selasofen.

*Gases durch adiabatische Ausdehnung nicht wesentlich in Frage kommen kann.*

Die Konstruktion ist schließlich so gewählt, daß das *Gas nicht vorzeitig an die Rohrwände Wärme abgibt* und bei eigener Abkühlung die Rohrwände aufheizt. Das Verfahren ist endlich auf *Temperaturen bis* 1100° C der verwendeten Materialien wegen vorläufig *beschränkt.*

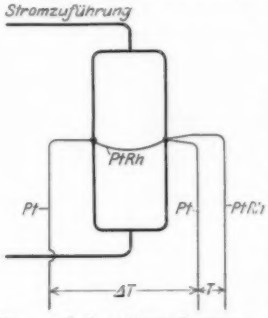



Fig. 7. Selbsttätiger Gaspyrometer; Schema.

Im Hinblick auf die *Messung hoher Temperaturen* im Bereiche der radiometrischen Temperaturskala wird man den Anschluß an die *optische Pyrometrie* suchen, der grundsätzlich dadurch gegeben ist, daß man z. B. an Stelle des Heizbügels etwa einen

geheizten dünnen Platindraht oder einen Nernststift setzt und mit einem optischen Pyrometer (gegebenenfalls Mikropyrometer) beobachtet, ob seine Temperatur bei Veränderung der Gasgeschwindigkeit steigt oder fällt. Schwierigkeiten, die in Unkenntnis des Absorptionsvermögens begründet sind, sind bei Verwendung eines Mikropyrometers z. B. dadurch zu beseitigen, daß man den anvisierten Strahler als kleinen schwarzen Körper ausbildet.

Für viele technische Zwecke ist die *selbsttätige Messung* erwünscht. Die Aufgabe ist hierbei, den Heizbügel stets selbsttätig auf Gastemperatur aufzuheizen. Grundsätzlich kann das so geschehen daß man die beiden Zweige des in Fig. 7 schematisch gezeichneten Heizbügels, die beide gleichmäßig aufgeheizt werden, verschiedenen Gasgeschwindigkeiten aussetzt. Dann wird sich nur im Falle sie auf die Gastemperatur aufgeheizt sind, keine Temperaturdifferenz zwischen ihnen einstellen ($\Delta T = 0$); die andernfalls auftretende Temperaturdifferenz kann zur Steuerung des Heizstromes dienen. Es ist dabei vorausgesetzt, daß die Gastemperaturen an den beiden Heizbügelzweigen die gleiche ist.

## Über die Röntgen-Emissionsspektren der Eisenmodifikationen.

Von FRANZ WEVER, Düsseldorf.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung.)

Untersuchungen über den Einfluß der chemischen Bindung auf das Röntgenspektrum sind wiederholt angestellt worden; sie führten zu dem Ergebnis, daß die im Molekül gebundenen Atome bei den leichteren Elementen eine meßbare Rückwirkung auf die für das Röntgenspektrum verantwortlichen zentralen Elektronenschalen besitzen. Dagegen ist das vorliegende Beobachtungsmaterial über Abweichungen in den Spektren verschiedener Modifikationen eines Stoffes, das Aufschluß über den etwaigen Einfluß der Natur der Bindung gleichartiger Atome im Krystallgitter geben könnte, noch sehr spärlich. Als erster untersuchte K. BERGENGREN[1]) die K-Absorptionsspektren der verschiedenen allotropen Modifikationen des Phosphors; er fand die Absorptionskante des chemisch inaktiven schwarzen Phosphors bei 5767 X. E. um 17 X. E. nach größeren Wellenlängen gegen die der chemisch aktiven Modifikation verschoben, die violette Phosphormodifikation zeigte zwei verschiedene Absorptionskanten, von denen die eine mit der Kante des schwarzen Phosphors und die andere nahezu mit der des Phosphors in der Phosphorsäure und im Ammoniumphosphat übereinstimmt; BERGENGREN schrieb die letztere dem weißen Phosphor zu. Im Rahmen einer eingehenden Untersuchung über den Einfluß der chemischen Konstitution auf das Röntgenabsorptionsspektrum des Chlors und Schwefels unternahm A. E. LINDH[2]) eine Nachprüfung der Ergebnisse BERGENGRENS, ohne jedoch dessen Beobachtungen in allen Punkten bestätigen zu können. Nach LINDH besteht ein erheblicher Unterschied von 24 X. E. in der Lage der Absorptionskanten für die weiße Modifikation und für den Phosphor in Phosphorsäure; die Wellenlängendifferenz der Kanten für den weißen und den violetten Phosphor betrug dagegen nur 6,3 X. E., während zwischen schwarzem und violettem Phosphor ein Unterschied nicht nachgewiesen werden konnte. Eine spätere Nachprüfung durch O. STELLING[1]) bestätigte die Ergebnisse LINDHS auf das beste; eine Zusammenstellung der Messungen STELLINGS ist in Zahlentafel 1 wiedergegeben.

Zahlentafel 1.

*Wellenlänge der Absorptionskanten verschiedener Phosphor-Modifikationen.*

| Substanz | $\lambda$ in X. E. |
|---|---|
| Weißer Phosphor . . . . | 5776,9 |
| Violetter Phosphor . . . | 5771,5 |
| Schwarzer Phosphor . . | |
| Hypophosphit . . . . . | 5757,5 |
| Phosphit. . . . . | 5754,1 |
| Phosphat . . . . . | 5750,7 |

Beobachtungen über etwaige Unterschiede in den K-Emissionsspektren der allotropen Modifikation eines Stoffes liegen bisher nicht vor.

Das Element 26 Fe krystallisiert in zwei Modifikationen, von denen die erstere, $\alpha$-Eisen, der kubisch-innenzentrierten Raumgruppe $I\mathfrak{c}''$ nach SCHÖNFLIES angehört und unterhalb 906° C sowie wieder oberhalb 1401° C bis zum Schmelzpunkt bei 1521° C stabil ist; ihr Existenzbereich wird zwischen 906 und 1401° C durch die $\gamma$-Modifikation unterbrochen, die in der kubisch-flächenzentrierten Raumgruppe $I\mathfrak{c}'$ krystallisiert[2]). Nach Messungen von C. BENEDICKS[3]) ist die polymorphe $\alpha\gamma$-Umwandlung bei 906° C mit einer linearen Kontraktion von 0,082% verbunden, während sich aus der Annahme gleicher Atomvolumina und dichter Kugelpackung in beiden Phasen eine Kontraktion von 2,7% berechnen würde; der Atombestand vergrößert sich demnach bei der Umwandlung um nahezu 2,7%. Die Wärmetönungen der $\alpha\gamma$- und $\gamma\delta$-Umwandlung sind beide positiv, sie betragen nach den Beobachtungen von

[1]) K. BERGENGREN, Zeitschr. f. Phys. **3**, 247. 1920.

[2]) A. E. LINDH, Zeitschr. f. Phys. **6**, 303. 1921.

[1]) O. STELLING, Zeitschr. f. anorg. Chem. **131**, 48. 1923.

[2]) F. WEVER, Zeitschr. f. anorg. Chem. **154**, 294. 1926.

[3]) C. BENEDICKS, Journ. Iron and Steel Inst. **89**, 407. 1914.

F. WÜST, R. DURRER und A. MEUTHEN[1]) 6,67 bzw. 1,94 cal/g; die spezifische Wärme der $\gamma$-Phase ist kleiner als die der $\alpha$-Phase.

Die ferromagnetische $\alpha$-Modifikation des Eisens verliert bei 768° C ihre Magnetisierbarkeit, wobei gleichzeitig auch alle anderen Eigenschaften mehr oder weniger deutliche Unregelmäßigkeiten aufweisen. Sie ist im Gegensatz zu den polymorphen Umwandlungen bei 906 und 1401° C nicht mit einer Änderung des Krystallitgefüges verbunden, wie auch bei 768° C die Raumgruppe $I\bar{o}''$ unverändert erhalten bleibt. Nachdem schließlich durch Laueaufnahmen an Eineinkrystallen bei Temperaturen unterhalb bzw. dicht oberhalb der magnetischen Umwandlung[2]) nachgewiesen ist, daß sich auch die Orientierung des Gitters bei der Umwandlung nicht ändert, muß damit als sichergestellt gelten, daß die magnetische Umwandlung des Eisens nicht als Polymorphismus im gebräuchlichen Sinne aufgefaßt werden kann. Darüber hinaus ergibt eine Kritik der zahlreichen Beobachtungen über die Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften des Eisens, daß für keine der untersuchten Eigenschaften eine Unstetigkeit bei 768° C mit Sicherheit angenommen werden kann; es muß danach auch in Zweifel gestellt werden, ob die magnetische Umwandlung eine Phasenumwandlung nach der Definition der Phasenlehre ist.

In dem skizzierten Zusammenhange besitzt eine Suche nach etwaigen Unterschieden in den Röntgen-Emissionsspektren der verschiedenen Eisenmodifikationen in mehrfacher Hinsicht Interesse. Sie kann zunächst Aufschluß darüber geben, wieweit bei der polymorphen $\alpha\gamma$-Umwandlung die mit der Krystallstruktur sich ändernde Bindung der Atome im Gitter auf die inneren Elektronenschalen rückwirkt, d. h. ob auch in dieser Hinsicht eine Parallele zu den chemischen Valenzkräften besteht, deren Einfluß auf die Wellenlängendifferenz des K$\alpha$-Dubletts von B. B. RAY[3]) auch für Eisen nachgewiesen wurde. Sie ist andererseits geeignet, einen Beitrag zu der noch offenen Frage zu liefern, ob die den Verlust des Ferromagnetismus bedingenden Veränderungen im Atom sich allein in den äußeren Elektronenschalen abspielen, oder ob eine nachweisbare Rückwirkung auf das Atominnere vorhanden ist. Mit nachstehendem sollen die Ergebnisse einiger dahingehender gemeinsam mit J. KREISCHER ausgeführter Beobachtungen mitgeteilt werden, die sich auf die relativen Wellenlängen und Abstände des K$\alpha$-Dubletts beschränken; sie wurden durch Überlassung eines Siegbahn-Spektrographen durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ermöglicht, der auch an dieser Stelle wärmster Dank ausgesprochen werden soll.

Eine Untersuchung der Röntgen-Emissionsspektren der Eisenmodifikationen wird wesentlich durch den Umstand erleichtert, daß es möglich ist, durch verhältnismäßig geringe Zusätze den Existenzbereich der unmagnetischen $\gamma$-Phase bis auf Raumtemperatur auszudehnen; besondere Vorteile bietet in dieser Hinsicht die Verwendung von Mangan, da dieses nur einen sehr geringen Einfluß auf den Gitterparameter besitzt[1]). Neben einem reinen, durch längeres Glühen im Vakuum bei 900° C von dem okkludierten Wasserstoff befreiten Elektrolyteisen wurde daher eine Eisen-Mangan-Legierung mit 14% Mn untersucht, die durch Abschrecken von 1000° C in Wasser in der $\gamma$-Modifikation fixiert worden war. Dabei wurde durch eine mikroskopische Prüfung vor und nach der Aufnahme sichergestellt, daß eine Umwandlung in die $\alpha$-Form nicht eingetreten war. Aus den Proben wurden dünne Plättchen hergestellt und auf die Kupferanode einer Glühkathodenröntgenröhre aufgelötet[2]).

Für die Aufnahmen wurde der von M. SIEGBAHN angegebene große Vakuumspektrograph in der Bauart von C. LEISS, Berlin, benutzt; als beugender Krystall diente ein Flußspat mit angeschliffener und polierterOberfläche von Dr. STEEG und REUTER, Homburg v. d. Höhe. Die Aufnahmen wurden bei ruhendem Krystall nach der von SIEGBAHN angegebenen Methodik unter Beugung nach links und rechts ausgeführt; der Drehwinkel des Krystalles wurde gegen den berechneten Betrag um 30′ vergrößert, er konnte mit dem sehr guten Teilkreis des Instrumentes gut reproduzierbar eingestellt werden. Die Belichtungszeiten betrugen bei einer Spaltbreite von 0,018 mm und ca. 7,5 mA bei 35 kV je eine Stunde.

Entsprechend der Beschränkung der Problemstellung konnte auf die zeitraubende und schwierige Justierung des Krystalles in die Drehachse bzw. auf eine exakte absolute Wellenlängenbestimmung verzichtet werden; die erreichte relative Genauigkeit erhellt aus den in Zahlentafel 3 angegebenen Einzelwerten verschiedener Aufnahmen. Die Vermessung der Platten wurde mit Hilfe eines Komparators von ZEISS ausgeführt; als Beispiel für die erzielte Genauigkeit ist in Zahlentafel 2 eine vollständige Vermessung wiedergegeben. Die Berechnung erfolgte unter Zugrundelegung eines Kameraradius von 177,21 mm, die Werte $\log 2d$ für den benutzten Kalkspat wurden unter Berücksichtigung der Aufnahmetemperatur den Tabellen von P. GÜNTHER[3]) entnommen. Eine Zusammenstellung von jeweils fünf Einzelbeobachtungen für $\alpha$- und $\gamma$-Eisen an verschiedenen Anoden ist in Zahlentafel 3 mitgeteilt, die wahrscheinlichen Fehler der Mittelwerte betragen $0{,}009 \times 10^{-11}$ cm.

Das Ergebnis der Beobachtungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß innerhalb der er-

[1]) F. WÜST, R. DURRER und A. MEUTHEN, Forsch.-Arb. a. d. Geb. d. Ing.-Wesens, Nr. 204. 1918.

[2]) F. WEVER, Mitt. a. d. Kaiser Wilhelm-Inst. f. Eisenforschung demnächst.

[3]) B. B. RAY, Phil. Mag. **49**, 168. 1925.

[1]) F. WEVER, Naturwissenschaften **12**, 1106. 1924.

[2]) M. SIEGBAHN, Spektroskopie der Röntgenstrahlen, S. 37. Berlin 1924.

[3]) P. GÜNTHER, Tabellen zur Röntgenspektralanalyse. Berlin 1924.

Zahlentafel 2.

*Vermessung einer Aufnahme: Platte 30; α-Eisen; T = 20,2° C.*

| I | | II | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $K_{\alpha_1}$ mm | $K_{\alpha_2}$ mm | $K_{\alpha_2}$ mm | $K_{\alpha_1}$ mm | $\Delta\alpha_1$ mm | $\Delta\alpha_2$ mm |
| 75,582 | 75,731 | 76,627 | 76,876 | 1,396 | 0,896 |
| 83 | 32 | 28 | 78 | 95 | 96 |
| 82 | 32 | 27 | 77 | 95 | 95 |
| 82 | 33 | 28 | 78 | 96 | 95 |
| 81 | 32 | 29 | 78 | 97 | 97 |
| 75,582 | 75,732 | $76,627_8$ | $76,877_8$ | $1,395_8$ | $0,895_8$ |

$\Delta_{\alpha_I} = 0{,}250$ mm, $\Delta_{\alpha_{II}} = 0{,}250$ mm

reichten Meßgenauigkeit Unterschiede in den Wellenlängen des Kα-Dubletts sowie in dem Dublettabstand selbst nicht nachgewiesen werden konnten. Damit ist sichergestellt, daß die Änderung des Krystallgitters bei der polymorphen Umwandlung des Eisens ohne Einfluß auf das Atominnere ist; zugleich wird damit ein Beleg dafür erbracht, daß der Verlust des Ferromagnetismus ebenfalls ohne Rückwirkung auf die für das K-Spektrum verantwortlichen inneren Elektronenschalen bleibt.

Zahlentafel 3.

*Relative Wellenlängen des $K_\alpha$-Dubletts der Eisen-Modifikationen.*

| Nr. d. Aufn. | Modifikation | $\Delta_1$ in mm | $\Delta_2$ in mm | T °C | $K_{\alpha_1}$ in X.E. | $K_{\alpha_2}$ in X.E. | $\Delta_\lambda$ in X.E. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | α-Eisen | $1,395_8$ | $0,895_8$ | 20,2 | 1931,92 | 1935,97 | 4,05 |
| 34 | (magnetisch) | $1,393_6$ | $0,895_4$ | 20,3 | 1931,92 | 1935,97 | 4,05 |
| 37 | | $1,395_8$ | $0,894_4$ | 20,8 | 1931,92 | 1935,97 | 4,05 |
| 38 | | $1,393_2$ | $0,893_0$ | 20,5 | 1931,94 | 1936,00 | 4,06 |
| 45 | | $1,392_7$ | $0,893_6$ | 17,2 | 1931,88 | 1935,93 | 4,05 |
| 32 | γ-Eisen | $1,393_6$ | $0,895_2$ | 20,7 | 1931,94 | 1935,98 | 4,04 |
| 36 | (unmagnet.) | $1,395_2$ | $0,894_4$ | 20,6 | 1931,93 | 1935,97 | 4,04 |
| 40 | | $1,394_2$ | $0,894_0$ | 21,3 | 1931,94 | 1935,99 | 4,05 |
| 41 | | $1,392_8$ | $0,893_2$ | 18,5 | 1931,90 | 1935,95 | 4,05 |
| 46 | | $1,395_3$ | $0,895_2$ | 20,0 | 1931,91 | 1935,96 | 4,05 |
| | | | | Mittelwerte | | | |
| | | | | α-Eisen: | $1931,91_6$ | 1935,97 | 4,05 |
| | | | | γ-Eisen: | $1931,92_4$ | $1935,97_4$ | 4,05 |

# Beitrag zum Härteproblem.

Von G. SACHS, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung.)

## 1. *Theoretische Vorstellungen über die Härte.*

Bei der hohen praktischen Bedeutung der Eindruckhärteprüfung für die Technik sind zahlreiche theoretische und experimentelle Ansätze zu einer systematischen Grundlegung der Härte unternommen worden. Da eine experimentelle Klärung des Materialflusses bei verwickelten plastischen Vorgängen bisher nicht erreicht worden ist, haben theoretische Vorstellungen über die Härte, besonders diejenigen von HERTZ[1]) und PRANDTL[2]), allgemeine Beachtung gefunden.

Während HERTZ auf Grund elastizitätstheoretischer Betrachtungen aus der Größe der Kraft beim Eintritt der ersten bleibenden Formänderungen eine Härteziffer entwickelt, versucht PRANDTL, die Härte aus dem plastischen Gleichgewichtszustand eines Körpers abzuleiten.

Die Arbeiten von HERTZ haben sehr befruchtend gewirkt, und verschiedene weit verbreitete Härteprüfverfahren führen wahrscheinlich mehr oder weniger unmittelbar auf seine Untersuchungen zurück. Seine Vorstellung von der Existenz einer theoretisch begründbaren „absoluten" Härteziffer hat sich jedoch als unhaltbar erwiesen[3]).

PRANDTL nimmt für den Eindruck eines starren Stempels in prismatische Körper mit verschieden geneigten Begrenzungen eine Aufteilung in plastische und elastische Bereiche vor, die mit den von ihm entwickelten Gleichungen in Übereinstimmung steht. Unter der Annahme einer konstanten Schubspannung im plastizierten Bereich läßt sich dann der Widerstand des Körpers, seine „Härte" berechnen. Und zwar geht PRANDTL von der Vorstellung eines „idealplastischen" Stoffes aus, bei dem entsprechend Fig. 1 nach Erreichung eines bestimmten kritischen Wertes der Schubspannung eine Spannungserhöhung ausgeschlossen wird. Die Prüfung der Theorie durch NADAI[1]) an Körpern aus Flußeisen schien die Anschauungen PRANDTLS zu bestätigen.

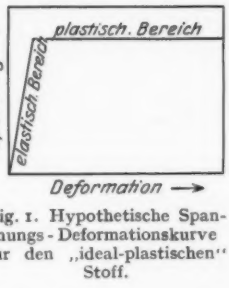



Fig. 1. Hypothetische Spannungs-Deformationskurve für den „ideal-plastischen" Stoff.

## 2. *Versuchsdurchführung.*

Von den technischen verwendet Metallen zeigt kohlenstoffarmes Eisen in seinem Verhalten eine gewisse Ähnlichkeit mit dem hypothetischen ideal-plastischen Stoffe. Nach Erreichung der Streckgrenze fließt das Material, wie Fig. 2 zeigt, unter nahezu gleichbleibender Spannung weiter, ehe nach einer Deformation von einigen Prozenten

[1]) H. HERTZ, Journ. f. reine angew. Mathem. **92**, 156/71. 1881; Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbefleißes 1882, S. 449; Gesammelte Werke Bd. 1.

[2]) L. PRANDTL, Nachr. v. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Mathem.-physik. Kl. 1920, S. 74; Zeitschr. f. angew. Mathem. Mechanik **1**, 15/20. 1921.

[3]) Vgl. G. SACHS, Grundbegriffe der mechanischen Technologie der Metalle, S. 67. Leipzig 1926.

[1]) A. NADAI, Zeitschr. f. angew. Mathem. Mechanik **1**, 20/28. 1921.

der Spannungsanstieg, die „Verfestigung" einsetzt. Die meisten Metalle, wie z. B. Kupfer, zeigen jedoch entsprechend Fig. 2 im Gegensatz zu Stahl

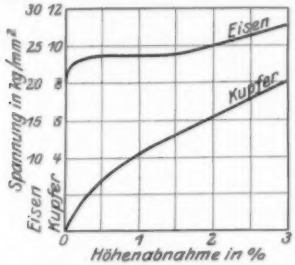



Fig. 2. Spannungs-Deformationskurven für Eisen und Kupfer bei Stauchversuchen.

keine ausgesprochene Grenze zwischen einem elastischen und plastischen Bereich, sondern ein allmähliches Einsetzen bleibender Verformungen unter ständig wachsenden Spannungen.

Um die Anwendungsmöglichkeiten der PRANDTLschen Theorie zu prüfen, wurden eine Reihe von Versuchen an Kupfer und Flußeisen durchgeführt[1]). Ausgehend von Versuchen, wie sie schon NADAI ausgeführt hat, war hierbei eine schrittweise Annäherung an die technische Form der Härteprüfung beabsichtigt. Wegen großer experimenteller Schwierigkeit hauptsächlich infolge der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeit des Materials, die bei den kleinen in Frage kommenden Formänderungen stark in Erscheinung trat, konnten jedoch bisher nur von einem kleinen Teil der Versuche brauchbare Ergebnisse gewonnen werden.

Die Prüfung der PRANDTLschen Anschauung erstreckte sich einerseits auf den Nachweis der Form des plastizierten Bereichs, andererseits auf den Widerstand mit wachsender Eindruckstiefe bei verschiedener Gestalt der gedrückten Körper.

Bei den Versuchen wurden prismatische Körper mit geneigten Begrenzungsflächen durch einen runden oder prismatischen Stahlstempel in steigendem Maße zusammengedrückt (s. Fig. 7); und bei einer Reihe von Lasten die Abmessungen mittels einer Mikrometerschraube und eines Meßmikroskops von REICHERT bestimmt. Nach den Versuchen wurden die Körper, um eine Rekrystallisation des plastizierten Teils hervorzurufen, erhitzt[2]), und zwar Kupfer auf 700—950°, Eisen auf 800—830°, der Höhe nach zerschnitten und die Querschnitte (möglichst in der Mitte der Körper) angeätzt[3]). Von Eisen wurden auch ungeglühte Querschnitte nach den Verfahren von FRY[1]) behandelt, um Fließfiguren im Innern zu beobachten.

### 3. *Nachweis des deformierten Bereichs durch Rekrystallisation.*

Durch Rekrystallisation läßt sich der plastizierte Bereich einer (vor dem Versuch ausgeglühten) Metallprobe nach dem Erwärmen auf höhere Temperaturen nachweisen. An den Stellen, die Deformationen erlitten haben, entstehen dann neue Krystallkörner. Wird daher ein Körper mit gleichmäßig feinem Korn einem Stempeleindruck ausgesetzt und erhitzt, so entsteht entsprechend

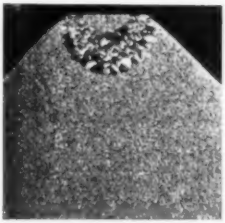


Fig. 3. Rekrystallisierter Stempeleindruck bei einem Eisenkörper. Gegl. 800°, 1 st. Vergr.: 2,5 mal.

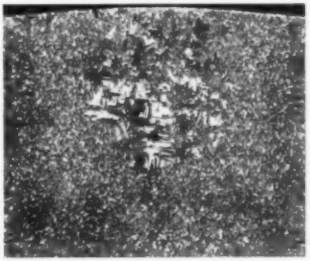


Fig. 4. Rekrystallisierter Stempeleindruck bei einem Kupferkörper. Gegl. 900°, $^1/_2$ st. Vergr.: 2,0 mal.

Fig. 3 bis 6 eine rekrystallisierte Zone mit grobkörnigem Rand. Dabei sind nach den Gesetzen der Rekrystallisation die Krystalle dort am gröbsten, wo die Verformung am kleinsten war, soweit die Verformung überhaupt ausreicht, um eine Rekrystallisation hervorzurufen.

Aus den Versuchen an Körpern, die oben horizontal oder nur wenig abweichend davon begrenzt waren, ergeben sich, wie z. B. Fig. 3, 4 und 6 zeigen, für die Grenzen des plastizierten Bereichs im Querschnitt nahezu Kreise. In Fig. 7 sind die einzelnen Zonen der Größe des Kornes,

[1]) Das Material ist freundlicherweise von den Firmen Kabelwerk der AEG. Berlin und Krupp, Essen, zur Verfügung gestellt worden. Das Kupfer wurde vor dem Versuch bei 550°, $^1/_2$ Stunde geglüht. Flußeisen (Weicheisen WW) gelangte im Anlieferungszustand (geglüht) zur Verwendung.

[2]) Die Anregung hierzu verdanke ich Herrn Dr. M. POLANYI.

[3]) Als Ätzmittel wurde für Kupfer 50proz. Salpetersäure/verd. Salzsäure, für Eisen Kupferchlorid + 50proz. Salzsäure/konz. Salzsäure gewählt.

[1]) A. FRY, Krupp-Monatshefte **2**, 117/26. 1921; Stahl u. Eisen **41**, 1093/97. 1921; H. MEYER und W. EICHHOLZ, Ber. d. Werkstoffausschusses d. Ver. dtsch. Eisenhüttenl. 1922, Nr. 20.

also dem Betrage der Plastizierung nach, schematisch wiedergegeben und entsprechend schraffiert. Die stärkst und daher zuerst verformte Zone erstreckt sich sichelförmig um einen Halbkreis unterhalb des Eindruckstempels. Darüber bleibt besonders deutlich bei Eisen (Fig. 3) und bei Kupfer nach kleinen Eindrücken ein schmales unrekrystallisiertes, also unverformtes Kissen zurück. Die Grenze des plastizierten Bereichs berührt die Oberfläche sehr dicht neben den Schneidenkanten, so daß das zusammengedrückte Material nur in je einen schmalen Streifen neben der Schneide nach oben heraustritt. Ähnlich ist auch nach Fig. 5 die rekrystallisierte Zone beim Eindruck von Schneiden, Walzen, Kugeln und Kegeln. Bei Körpern, die

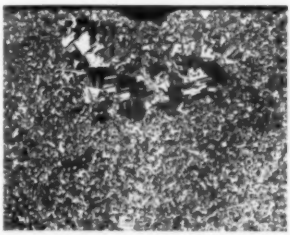


Fig. 5. Rekrystallisierter Kugeleindruck bei einem Kupferkörper. Gegl. 750°, $^1/_2$ st. Vergr.: 2,5 mal.

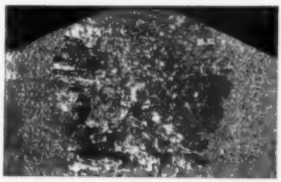


Fig. 6. Rekrystallisierter Stempeleindruck bei einem Kupferkörper. Gegl. 900°, $^1/_2$ st. Vergr:. 1,5 mal.

im Vergleich zur Breite des Stempels verhältnismäßig niedrig sind, reicht nach Fig. 6 die plastizierte Zone bis zum Fuß hindurch.

Der beschriebene Befund widerspricht der Anschauung PRANDTLS, die durch Fig. 8 veranschaulicht ist. Die plastizierte Zone drückt sich nicht in Form von Keilen zu beiden Seiten des Stempels heraus, sondern hat im Querschnitt die Gestalt einer von Kreisen begrenzten Fläche.

Die Beobachtungen an horizontal begrenzten Körpern stehen dagegen in Übereinstimmung mit NADAIS Zeichnungen der Fließfiguren an den Stirnflächen gedrückter Flußeisenkörper und seinen mathematischen Betrachtungen über die Spannungsverteilung bei rein elastischer Beanspruchung. Danach ergibt sich das halbkreisförmige Gebiet unter dem Eindruckstempel, in dem plastische Verformungen zuerst auftreten, einfach als die Kurve der größten maximalen Schubspannungen bei Beanspruchung durch eine gleichmäßig verteilte Last auf der Schneidenberührungsfläche. Die weiteren Kreisbögen, die in Fig. 7 die Bereiche verschieden starker Verformung begrenzen, entsprechen den elastizitätstheoretisch berechneten Kurven konstanter (größter) Schubspannung. Sie gehen theoretisch durch die Kanten der Schneide, was auch tatsächlich, z. B. in Fig. 6, annähernd der Fall ist. Der große Radius des äußersten Begrenzungskreises erklärt sich aus der physikalischen Erscheinung der Verfestigung: Durch bleibende Verformungen werden die davon betroffenen Stoffteilchen härter, und die Verformung greift auf einen weiteren Bereich über.

Bei verfestigungsfähigen plastischen Stoffen dürfte danach die Plastizierung in der Weise vor sich gehen, daß zunächst die Stellen größter

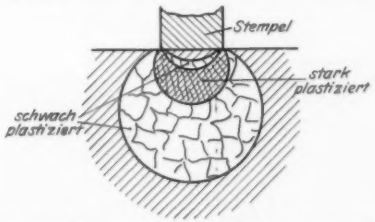



Fig. 7. Gestalt des rekrystallisierten Bereichs bei gedrückten Körpern.

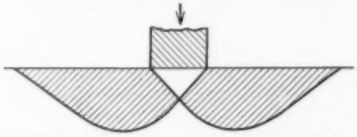


Fig. 8. Plastizierte Zone (schraffiert) bei einem Stempeleindruck nach der Theorie von PRANDTL.

gleicher Schubspannung bleibend verformt werden. Dann erweitert sich der plastische Bereich nach oben und unten anscheinend in der Weise, daß die Umgrenzungen angenähert Linien gleicher maximaler Schubspannung im ursprünglichen elastischen Spannungszustand bleiben.

### *4. Fließfiguren.*

NADAI glaubt die Gestalt der bei den Versuchen an Flußeisenkörpern auftretenden Fließfiguren als Bestätigung der PRANDTLschen Anschauung ansehen zu können.

Die bei den ersten Deformationen entstehenden Fließfiguren dürfen jedoch für die Beurteilung der plastischen Deformationen nur mit Vorsicht herangezogen werden. Die langen gekrümmten Linien, wie z. B. in Fig. 10, folgen stets ungefähr den Richtungskurven der größten Schubspannung, die in der Regel einen ganz anderen Verlauf haben als die Kurven gleicher maximaler Schubspannung, die nach den Rekrystallisationsversuchen den pla-

stischen Bereich begrenzen. Sie verdanken ihr Entstehen einem plötzlichen unstetigen Einsetzen bleibender Formänderungen, bis zu Beträgen von 2% und mehr. Ihre Entstehung und ihr Verlauf zeigt, wie schon von NADAI[1]) verschiedentlich betont, viel mehr Ähnlichkeit zum Vorgang des Abschiebungsbruches als zu eigentlich plastischen Vorgängen. Dies gilt besonders für die ersten auftretenden Fließfiguren.

Sobald Eisen jedoch in steigendem Maße deformiert wird, zeichnet sich das plastizierte Gebiet, wie Fig. 9 zeigt, auch äußerlich in gewisser Übereinstimmung mit den Rekrystallisationsversuchen an. In ähnlicher Gestalt läßt sich auch nach Fig. 10 der bleibend deformierte Bereich im Innern durch die FRYschen Figuren oder durch seine erhöhte Lösungsfähigkeit (bei langanhaltendem Ätzen) nachweisen. Der Bereich der Fließfiguren ist größer als der rekrystallisierte Bereich, da Fließfiguren schon bei kleineren Deformationen

Fig. 9. Fließfiguren auf der Außenseite gedrückter Eisenkörper. Vergr.: 1,0 mal

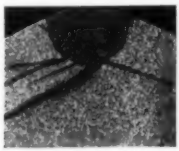


Fig. 10. Deformierter Bereich im Innern von Eisenkörpern, durch FRYsche Ätzung nachgewiesen. Vergr. 1,0 mal.

entstehen als durch Rekrystallisation nachgewiesen werden können.

*5. Abhängigkeit des Wiederstandes von der Probenform und der Eindrucktiefe.*

Der Widerstand eines Körpers gegen die ersten bleibenden Verformungen, seine „Elastizitätsgrenze", hat praktisch keine große Bedeutung. Je feiner die Meßeinrichtung, desto niedriger wird diese Grenze gefunden, nicht nur bei Krystallhaufwerken, sondern auch bei einzelnen Metallkrystallen[2]). Und selbst die ausgesprochene Streckgrenze des Flußeisens ist bei inhomogener Beanspruchung verwischt.

Der einfachere und sichere Weg zum Vergleich der Wirkung verschiedener Beanspruchung, den auch v. KARMAN[3]) bei seinen Versuchen an Marmor eingeschlagen hat, ist daher die Gegenüberstellung der Deformationskurven. Auch ein zahlenmäßiger Vergleich kann dann bei Zugrundelegung entsprechender, nicht zu kleiner Deformationsbeträge einigermaßen zuverlässig durchgeführt werden.

In Fig. 11 sind daher die Spannungen bei wachsender Eindrucktiefe für die Flußeisenkörper mit verschieden geneigten Begrenzungsflächen ($\vartheta$) aufgetragen. Die Kurven beginnen bei einer Eindrucktiefe von 0,5% der Breite, da sie sich bei kleineren Deformationen verschiedentlich überschneiden, und daher in diesem Bereich als wenig zuverlässig angesehen werden.

Den Kurven in Fig. 11 sind die Widerstände der verschiedenen Körper bei 1, 2, 3 und 4% Deformation entnommen und in Fig. 12 in Abhängigkeit vom Böschungswinkel $\vartheta$ aufgetragen. Für Eisen sind auch an Stelle der Streckgrenze die Werte für die Deformation 0% durch Extrapolation bestimmt und durch den Wert der Streckgrenze für den gewöhnlichen Druckversuch ergänzt.

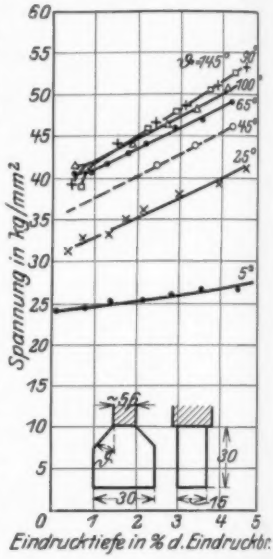



Fig. 11. Eindruckwiderstand von Eisenkörpern mit zunehmender Eindrucktiefe.

Sowohl Fig. 11 wie Fig. 12 zeigen, daß das Verhältnis der Widerstände verschiedener Körper sich mit fortschreitender Deformation nicht wesentlich ändert, daß es also ohne Bedeutung ist, welcher Deformationsbetrag der Betrachtung zugrunde gelegt wird.

Die Abhängigkeit des Eindruckwiderstandes vom Böschungswinkel ist hier teilweise eine andere, als sie sich nach der Theorie von PRANDTL ergibt. Danach soll der Widerstand verschiedener Körper linear mit ihrem Böschungswinkel $\vartheta$ anwachsen. Für kleine Winkel $\vartheta$ ist diese Forderung der PRANDTLschen Theorie annähernd erfüllt; bei großen Winkeln $\vartheta$ verändert sich der Widerstand jedoch nur noch wenig. Die durch × in Fig. 12 angedeuteten Werte von NADAI für die Streckgrenze, die anscheinend an Hand der Beobachtungen von Fließfiguren gewonnen sind und der Theorie von PRANDTL nahezu entsprechen, weichen mit zunehmendem Böschungswinkel immer stärker von den hier gefundenen Werten ab. Dies erklärt sich wohl daraus, daß Fließfiguren keine quantitative Festlegung der Streckgrenze gewährleisten.

In Fig. 12 ist noch mit ⊙ der Wert eingezeichnet, der sich elastizitätstheoretisch für die Streck-

[1]) A. NADAI, Zeitschr. f. angew. mathem. Mechanik 1, 20/28. 1921; Schweiz. Bau-Ztg. 83, 6. 1924.

[2]) M. POLANYI und G. SACHS, Zeitschr. f. Phys. 33, 692/705. 1925.

[3]) v. KARMAN, Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 55, 1749/55. 1911; Forschungsarb. d. Ver. dtsch. Ing. 1912, H. 118, S. 37/68.

grenze ergibt, unter der Annahme, daß die Schubspannung für das Einsetzen bleibender Formänderungen maßgebend ist. Der experimentelle Befund paßt sich diesem Wert weit besser an als dem um 65% größeren nach der PRANDTLschen Theorie.

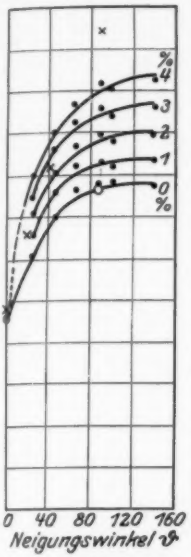



Fig. 12. Eindruckwiderstand von Eisenkörpern mit verschiedenen geneigten Begrenzungsflächen.
× Versuche von Nadai.
○ Theor. Streckgrenze für $\vartheta = 90°$. ⓘ Streckgrenze beim Druckversuch.

Für den wagerecht begrenzten Körper kann auch, wie Fig. 13 zeigt, die Veränderung des Widerstandes mit fortschreitender Deformation aus der elastizitätstheoretischen Spannungsverteilung mit gewisser Annäherung an das Experiment berechnet werden. Die Veränderung der Spannungsverteilung nach dem Einsetzen plastischer Deformationen geht also in dem hier untersuchten Falle anscheinend sehr langsam vor sich.

Für die Berechnung der Eindrucktiefe bei einer bestimmten Belastung brauchen dann nur die Höhenabnahmen der Materialteilchen in der Achse bekannt zu sein. Unter der experimentell begründeten Annahme[1]), daß einer bestimmten größten Schubspannung eine bestimmte Höhenabnahme zugeordnet werden kann, die entsprechend Fig. 2 einen gewöhnlichen Stauchversuch entnommen wird, ergibt sich die Eindrucktiefe $v$ als Funktion der Belastung $p$ nach Fig. 14 einfach zu:

$$v = \int_{r=0}^{r=\infty} dv = \int_{r=0}^{r=\infty} \varepsilon \cdot dr \,,$$

worin $r$ der Abstand eines Punktes der Achse von der Oberkante ist. Fig. 13 zeigt die errechneten Kurven im Vergleich zu den Versuchspunkten.

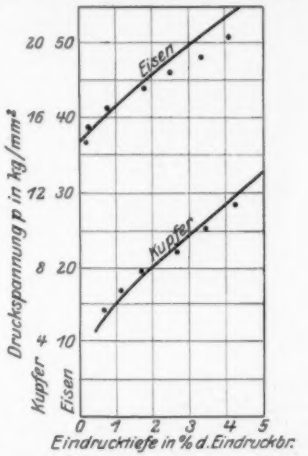



Fig. 13. Vergleich des berechneten und des beobachteten Spannungsverlaufs bei Eindruckversuchen.
— berechnet, ··· gemessen.

Die Übereinstimmung kann bei nicht zu hohen Genauigkeitsforderungen als ausreichend angesehen werden.

Falls dieser Befund noch für weitere Fälle experimentell bestätigt wird, eröffnet sich damit die Möglichkeit, den Ablauf plastischer Eindruckvorgänge bis zu einem gewissen Grade rechnerisch zu erfassen und auf einen gewöhnlichen technologischen Zug- oder Druckversuch zurückzuführen.

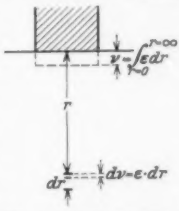



Fig. 14. Zur Berechnung der Spannungs-Deformationskurven bei Eindruckversuchen.

Die Arbeit ist mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ausgeführt worden, der hierfür besonders gedankt sei.

[1]) P. LUDWIK, Elemente der technologischen Mechanik. Berlin 1909; G. SACHS, Mech. Technologie S. 54; P. LUDWIK und R. SCHEU, Stahl u. Eisen 45, 373 bis 381. 1925.

## Röntgenographische Untersuchungen am Muskel.

Von R. O. HERZOG und W. JANCKE, Berlin-Dahlem.
(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie.)

Vor einigen Jahren haben wir kurz mitgeteilt[1]), daß der Muskel Röntgeninterferenzen liefert. In der vorliegenden Notiz seien einige weitere Beobachtungen über den Gegenstand mitgeteilt, deren Fortsetzung wir uns vorbehalten wollen.

Vorausgeschickt sei, daß die hier beschriebenen Versuche nicht an „lebenden", sondern an (sehr rasch) getrockneten Präparaten angestellt sind.

Durchleuchtet man ein stark gedehntes[1]) Präparat (Wadenmuskel oder Sartorius des Frosches)

[1]) Festschrift der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft z. F. d. Wiss. 1921, S. 120.

[1]) Zur Vermeidung von Mißverständnissen sei erwähnt, daß wir schon seinerzeit (l. c.) die *Abhängigkeit* der Schwärzungsintensität *von der Spannung* der Präparate beobachtet und bei der Sehne auch besonders erwähnt haben.

senkrecht zur Länge, so erhält man ein Bild der seinerzeit charakterisierten Art. Um den Durchstoßpunkt liegt ein Kreis, auf dessen Schnittpunkten mit dem Äquator zwei starke Punkte auftreten. Ihre Entfernung vom Durchstoßpunkt entspricht einem Netzebenenabstand von ungefähr 10 ÅE. (9,94). Um diesen inneren Kreis liegt scheinbar ein „elliptischer Ring" (mit der größeren Achse in der Äquatorrichtung), der jedoch mehrfach differenziert ist; er setzt sich zusammen aus zwei besonders deutlichen Kreisbögen senkrecht über und unter dem Durchstoßpunkt und mehreren dicht zusammenliegenden Vierergruppen von Kreisbögen (ähnlich dem Vierpunktsystem bei Faserdiagrammen), die symmetrisch zum Äquator um den Durchstoßpunkt verteilt sind. Bei stark gedehnten Präparaten konnte das Auftreten weiterer Punkte auf dem Äquator sowie von Kreisbögen in Vierergruppen (außerhalb des erwähnten elliptischen Ringes) beobachtet werden.

Diese Interferenzerscheinungen entsprechen durchaus denen eines Faserdiagramms, das von Ring- oder Spiralfasern herrührt[1]). Die Interferenzlagen sind in der nachstehenden Tabelle verzeichnet.

Im Vergleich dazu zeigt ein spannungslos getrockneter, stark kontrahierter Muskel bedeutend geringere Differenzierungen. Die Äquatorpunkte auf dem inneren Ring haben sich zu langen Kreisbögen ausgezogen oder heben sich von diesem Ring überhaupt nicht mehr ab. Der äußere elliptische Ring ist breiter geworden, er hat nur noch schwach-elliptischen Charakter. Irgendwelche Differenzierungen sind auf diesem Ring nicht mehr zu erkennen.

Die soeben beschriebenen Beobachtungen zeigen, daß starkes Dehnen des Muskels eine Verschärfung der Interferenzen, mitunter sogar eine Vermehrung der Anzahl der Interferenzen zur Folge hat, während kontrahierte Muskeln mehr den Typus eines amorphen Bildes ergeben. Auf eine gewisse Ähnlichkeit mit den bei verschieden gedehntem Kautschuk beobachteten Interferenzerscheinungen sei besonders hingewiesen[1]).

*Verzeichnis der beobachteten Interferenzlagen beim gedehnten Muskel.*
($CuK_\alpha$-Strahlung.)

| Bezeichnung | $\sin\frac{\vartheta}{2}$ | Intensität | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| $A_1$ | 0,077 | st. | breiter Punkt |
| $A_2$ | 0,119 | m. | scharfer, kurzer Bogen |
| $A_3$ | 0,132 | m. | scharfer, kurzer Bogen |
| $A_4$ | 0,196 | s. | scharfer, kurzer Bogen |
| $D_1$ | 0,145 | m. | scharfer, längerer Bogen |
| $D_2$ | 0,158 | m. | scharfer, längerer Bogen |
| $S_1$ | 0,165 | m. | 4 sehr lange Bögen |
| $S_2$ | 0,222 | s. | 4 lange Bögen |
| $S_3$ | 0,248 | s. | 4 lange Bögen |

Die Interferenzen A liegen auf dem Äquator, die mit D bezeichneten senkrecht über und unter dem Durchstoßpunkt, die mit S bezeichneten liegen schräg. Es bedeutet s. st. = sehr stark; m. = mittel; s. = schwach. $\frac{\vartheta}{2}$ ist der Winkel in der BRAGGschen Gleichung.

*Nachschrift bei der Korrektur:*

Soeben wird uns die Mitteilung von JANET H. CLARK[2]) bekannt. Der Verf. hat an Froschsartorien in der Todesstarre mikrokrystallinische Struktur aus Laue-Diagrammen erschlossen, bei lebenden schlaffen Muskeln dagegen keine Andeutung von Krystallstruktur gefunden.

[1]) K. WEISSENBERG, „Spiralfaser" und „Ringfaser" im Röntgendiagramm, Zeitschr. f. Phys. **8**, 20. 1921.

[1]) J. KATZ, Ergebn. d. exakt. Naturwiss. **4**, 154. Berlin 1925; E. HAUSER und H. MARK, Kolloidchem. Beih. **22**, 63. 1926.

[2]) Americ. journ. of hyg. **6**, 617. 1926.

## Über den Molekülbegriff in der Strukturchemie.

Von M. BERGMANN, Dresden.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Lederforschung.)

Bei den zahlreichen, in den letzten Jahren unternommenen Versuchen tiefer in das allgemeine Strukturprinzip der hochmolekularen organischen Naturstoffe einzudringen, wie sie beispielsweise in den großen Klassen der Kohlenhydrate, Proteine und der Kautschukarten vorliegen, machen sich Schwierigkeiten hinsichtlich der Anwendbarkeit einiger grundlegender strukturchemischer Begriffe geltend, deren Inhalt und deren universelle Gültigkeit bisher als einigermaßen feststehend galt. Es ist kein Zufall, daß es sich um die gleichen Grundbegriffe handelt, die in der modernen Krystallehre diskutiert werden, wenn es sich darum handelt, die nach physikalischen Methoden ermittelten Baugruppen der Krystalle nach ihrem chemischen Inhalt auszudeuten.

Man kleidet das allgemeinste Strukturproblem der hochmolekularen organischen Naturstoffe häufig in die Form, daß man nach dem Molekulargewicht oder Molekularumfang des einzelnen „hochmolekularen" Stoffes fragt. Die Präzision dieser Frage leidet darunter, daß der Molekülbegriff in mehreren Bedeutungen gebraucht wird, die nicht immer scharf definiert und auch meist nicht hinreichend auseinandergehalten werden. Es mag darum nicht überflüssig sein, die gebräuchlichsten Anwendungsformen des Molekularbegriffes vom chemischen Standpunkt nach ihrem Inhalt und ihrem Geltungsbereich zu besprechen und zu prüfen, wie weit sie geeignet sind, das Strukturproblem der hochmolekularen organischen Naturstoffe zu klären.

Von unmittelbarer strukturchemischer Auswirkung für flüchtige Stoffe im Gaszustand ist der Molekülbegriff, wie er durch das AVOGADROsche Gesetz gegeben ist. Da die *Gasmoleküle* in jenem Bereich, in welchem der AVAGADROsche Satz gilt, nur sehr geringe chemische Kräfte aufeinander

ausüben, so entspricht bei gasförmigen Stoffen die Aufstellung eindeutig umgrenzter Atomgruppen mit großer Annäherung dem tatsächlichen chemischen Zustand. In der Formulierung der AVOGADROschen Gasmoleküle liegt das ureigenste Anwendungsgebiet jener Strukturlehre der Einzelmoleküle, die man gewöhnlich als die klassische oder auch als die KEKULEsche Strukturlehre bezeichnet.

Da nun aber das Bedürfnis nach strukturchemischer Erfassung der Materie weit über das Existenzgebiet AVOGADROscher Gasmoleküle hinausgeht, so erklärt sich das Bestreben, die Ansicht vom molekülmäßigen Aufbau der Materie und damit zugleich die klassische Strukturlehre auf alle Aggregatzustände auszudehnen. Die wichtige Entdeckung, daß die Gasgesetze sich auf verdünnte Lösungen übertragen lassen, schien der Berechtigung solcher Bemühungen den erwünschten zahlenmäßig exakten Untergrund zu geben. So entstand eine veränderte Form des Molekülbegriffes, die nicht mehr auf den Gaszustand beschränkt und auch auf solche Stoffe angewendet wird, die gar nicht fähig sind, Gasmoleküle eigener Art zu bilden. „Der Stoff besteht aus sehr kleinen Teilen, welche Moleküle heißen. Ein Molekül ist der kleinste Teil, welcher noch imstande ist, wesentliche Eigenschaften des gegebenen Stoffes zu zeigen." Mit diesen Worten drückt ein modernes Lehrbuch der Physik[1]) die weitverbreitete Auffassung aus, daß es möglich sei, für jede individuelle chemische Verbindung eine einzige eindeutig begrenzte Atomgruppe anzugeben, welche in ihrer Atomzahl, ihrer Atomanordnung und ihren Valenz- und Wertigkeitsverhältnissen den chemischen Zustand der Verbindung unabhängig vom Aggregatzustand widerspiegelt. Das „*Strukturmolekül*", wie man derartige Atomgruppen nennt, soll in seiner Abgrenzung gegen andere Atome oder Atomgruppen nicht eine bloße begriffliche Konstruktion, sondern etwas real Existierendes sein. Die Kräfte, welche die Atome im Strukturmolekül verbinden, nennt man Hauptvalenzen, nimmt an, daß sie von Atom zu Atom wirken, und daß von jeder Atomart eine durch ihren Wertigkeitszustand bestimmte Anzahl derartiger Hauptvalenzen ausgehen kann.

Die vielen Erfolge, welche die Strukturforschung insbesondere auf organisch-chemischem Gebiet gestützt auf die dargelegten Vorstellungen erzielt hat, gelten mit Recht als Beweis, daß der Begriff des Strukturmoleküls für viele Aufgaben zweckmäßig gewählt ist, und daß er in diesen Fällen den tatsächlichen Verhältnissen in beträchtlichem Grade nahekommen muß. Trotzdem wäre es im jetzigen Augenblick, in dem besonders verwickelte Strukturaufgaben zur Diskussion stehen, verhängnisvoll und der Weiterentwicklung schädlich, wenn man sich die begrenzte Anwendbarkeit des Begriffes „Strukturmolekül" und die Ungenauigkeit einzelner von seinen Voraussetzungen verbergen wollte.

Die Erörterung der Frage, wie weit der Begriff des Moleküls als eindeutig begrenzter, real existierender Atomgruppe auf alle Aggregatzustände ausgedehnt werden darf, wird durch die Unvollständigkeit unserer Kenntnisse des Krystallbaues komplizierter Stoffe noch etwas erschwert. So viel ist natürlich gewiß, daß von einer bedingungslosen Aufgabe des Molekülverbandes beim Krystallisieren nicht die Rede sein kann. Der Hinweis WILLSTÄTTERS, daß die Körper mit allen Eigentümlichkeiten der Konstitution und der Konfiguration aus ihren Krystallen zurückgewonnen werden können, hat gezeigt, daß auch vom chemischen Standpunkt das Fortbestehen gewisser Atomzusammenfassungen im Krystall gefordert werden muß. Noch zweifelhaft kann man heute sein, inwieweit diese fortbestehenden Atomgruppen mit den Gasmolekülen zusammenfallen, das heißt, ob im einzelnen Fall die Gasmoleküle sowohl ihrem Umfang nach als eindeutig abgegrenzte Atomgruppen wie auch ihren chemischen Bindungsverhältnissen nach im Krystall erhalten bleiben. Hier muß berücksichtigt werden, daß die Möglichkeit, aus Krystallen Moleküle zu regenerieren, nicht unter allen Umständen dahin ausgedeutet werden darf, daß diese Moleküle im Krystall schon ein eindeutig abgegrenztes Dasein führen. Es braucht sich nicht um eine *reale*, sondern kann sich um eine Art *potentieller* Weiterexistenz handeln. Es braucht nur an die Möglichkeit erinnert werden, aus dem Chlornatrium-Gitter NaCl-Moleküle herauszuholen, oder an das Gitter des Naphthalins, in welchem nach W. H. BRAGG gewisse Wasserstoffatome[1]) geometrisch gleichwertig zu zwei verschiedenen Naphthalin-„Molekülen" gelagert sind.

Gerade das Beispiel des Naphthalins lehrt uns, daß die Frage der Fortexistenz des „Strukturmoleküls" im Krystall vorerst nicht einmal für leicht flüchtige organische Verbindungen als im positiven Sinne gelöst anzusehen ist. Die Zukunft muß hier weitere Klärung des verwickelten Problems bringen.

Ein klareres Bild läßt sich dagegen schon heute für jenen Typus von Krystallen gewinnen, bei welchen die einzelnen Gitterpunkte abwechselnd durch verschiedene Atomgruppen besetzt sind. Für solche Krystalle muß die Aufstellung eines Strukturmoleküls von vornherein mit den Tatsachen in Widerspruch kommen und lediglich zu einer begrifflichen Konstruktion werden. Daß bei den hierhin gehörigen Ionengittern, wie etwa beim Kochsalzgitter, der Molekülbegriff gegenstandslos ist, wurde schon oft genug besprochen. Merkwürdigerweise hat man aber bisher kaum den Schluß gezogen, daß ganz das gleiche auch für entsprechend gebaute sogen. Molekülgitter gelten muß. Wenn sich zwei Moleküle erster Ordnung, A und B, zu einem Krystall ($A_n$, $B_n$) vereinigen, so trägt man häufig kein Bedenken, der neuen

[1]) O. D. CHWOLSON, Lehrbuch der Physik. 3. Aufl. 1926. I. Bd., I. Teil, S. 38.

[1]) Die α-Wasserstoffatome des Naphthalinmoleküls.

Verbindung ohne weiteres die Formel A, B zu geben, ihr also quasi ein *Strukturmolekül* höherer *Ordnung* zuzuschreiben und die Kräfte eindeutig festzulegen, welche im angenommenen Molekül A, B zwischen A und B vermitteln. Nun hat aber P. PFEIFFER[1]) darauf hingewiesen, daß die Krystalle organischer Molekülverbindungen des allgemeinen Schemas ($A_n$, $B_n$) häufig so gebaut sein dürften, daß jede Atomgruppe A von einer bestimmten Anzahl (etwa 6 oder 8 usw.) Gruppen B gleichartig umgeben ist, und daß umgekehrt jede Gruppe B von derselben Anzahl (6, 8 usw.) von Gruppen A umlagert wird. In allen derartigen Fällen würde die Aufstellung eines Strukturmoleküls A, B keine physikalischen Unterlagen im Krystallbau haben, und die chemischen Kräfte, welche die Vereinigung von Teilen A und B bewirken, würden nicht von Atomen oder Atomgruppen eines einzigen Teiles A zu Atomen oder Atomgruppen eines einzigen Teiles B hinübergreifen, sondern jedes A mit einer Mehrzahl von B und umgekehrt jedes B mit einer gleich großen Mehrzahl von A verknüpfen.

Bei allen krystallisierten Verbindungen höherer Ordnung, welche entsprechend der Annahme PFEIFFERS gebaut sind (und das dürfte keine geringe Zahl sein) erstrecken sich die Affinitätskräfte, welche die Gruppen A und B vereinigen, gittermäßig über den ganzen Krystall. Wir müßten einen großen Teil dieser Kräfte willkürlich unterdrücken, würden also die Struktur dieser oft nur im festen Zustand existenzfähigen Verbindungen unzutreffend wiedergeben, wollten wir sie in den Rahmen eines eindeutig begrenzten Strukturmoleküls einzwängen.

Es spricht natürlich nichts dagegen, daß man trotzdem, wo strukturell abgegrenzte Moleküle nicht existieren, auch weiterhin molekulare Formeln mit Nutzen verwendet, um die quantitativen Verhältnisse bei chemischen Umsetzungen in möglichst einfacher und übersichtlicher Form wiederzugeben. Man kann z. B. die Umsetzung des Kochsalzkrystalles oder der Natriumchloridionen mit Schwefelsäure molekülmäßig formulieren:

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + NaCl$$

Nur muß man sich in solchen Fällen klar bleiben, daß derartige *„stöchiometrische Moleküle"* keinen unmittelbaren strukturchemischen Sinn besitzen.

Greifen wir nochmals auf das zuvor besprochene Beispiel einer krystallisierten Verbindung höherer Ordnung zurück, in welcher die Gitterpunkte abwechselnd von zwei oder mehr verschiedenen Gruppen A und B usw. besetzt sind, wobei A und B selbständig existenzfähige Moleküle sein mögen, welche für sich den Wertigkeitsgesetzen der klassischen Valenzlehre gehorchen. Es kann kein Zweifel sein, daß beim Übergang der selbständigen Moleküle A und B in die krystallisierte Verbindung ($A_n$, $B_n$) Bindungen zwischen den verschiedenen A-Teilen und B-Teilen entstehen, und es ist durchaus gewiß, daß zugleich auch die Bindungen zwischen den Atomen innerhalb jedes einzelnen A-Teiles und jedes B-Teiles nach ihrem Energieinhalt verändert werden. Die Gruppen A und B der krystallisierten Verbindung ($A_n$, $B_n$) einerseits und die selbständigen Moleküle A und B andrerseits sind in bezug auf Energieinhalt ihrer Bindungen und auf Wertigkeit ihrer Atome nicht identisch.

Ganz der gleiche Schluß läßt sich für den Übergang selbständiger Gasmoleküle von nur *einer* Art in den krystallisierten Zustand ziehen und ebenso für den Übergang von selbständigen Gasmolekülen in den Lösungszustand, soweit dabei Dissoziation, Assoziation oder auch nur Verbindung mit dem Lösungsmittel (Solvatbildung) stattfindet. Sofern man nicht die Kräfte, welche in Krystallen oder Solvaten die einzelnen Baugruppen miteinander verbinden, als chemisch völlig bedeutungslos beiseite schieben will, ergibt sich zwangsläufig die Folgerung, daß der Valenzzustand (Stärke der Kraftfelder, Wertigkeit der Atome) der Krystallbaugruppen und der Solvatteilchen nicht mit dem entsprechender selbständiger Moleküle identifiziert werden kann. Oft drücken sich derartige Veränderungen der feineren Strukturverhältnisse deutlich in Veränderungen physikalischer Eigenschaften (Farbe, Drehungsvermögen usw.) mit dem Wechsel des Aggregatzustandes oder des Lösungsmittels aus.

Wenn ferner Stoffe, welche Gasmoleküle bilden oder andere, für die man nach den Wertigkeitsregeln der alten Valenzlehre Strukturmoleküle entwerfen könnte, im Krystall oder beim Auflösen Gruppen bilden, die kleiner sind als diese Moleküle, so beweist dies hinreichend, daß die molekulare Struktur und die klassischen Wertigkeitszahlen bei ihnen nicht in allen Aggregatzuständen gültig sind, ferner, daß bei ihnen ein nach den üblichen Wertigkeitsregeln konstruiertes Strukturmolekül nicht die kleinste als geschlossene Gruppe auftretende Struktureinheit ist, und schließlich, daß die Größe der Struktureinheit mit dem Aggregatzustand wechseln kann.

Dieser letzte Satz gilt, wenn schon in entgegengesetzter Richtung, auch für den Vorgang der Assoziation. Die Erscheinung kann so stark ausgeprägt sein, daß derselbe Stoff z. B. in allen Lösungsmitteln einen größeren Teilchenumfang zeigt, als ihn seine Gasmoleküle aufweisen. So liegt der Fall bei den Lactoliden einiger Oxyaldehyde und Oxyketone, die ich in den Jahren untersucht habe. Wollte man ihr Strukturmolekül nach ihrem Verhalten in den verschiedenen Lösungsmitteln bestimmen, so käme man zu dem doppelten Umfang der Gasmoleküle[1]).

[1]) Zeitschr. f. anorgan. Chem. **112**, 81. 1920; Vgl. auch H. RHEINBOLDT, Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 765. 1926.

[1]) Es wäre nicht angezeigt, sich hier mit den Worten Polymerisation und Depolymerisation aus der Verlegenheit zu helfen. Denn es scheint mir nötig, den Begriff „Polymerisation" ausschließlich auf die Tatsache zu beschränken, daß zwei Stoffe unter vergleichbaren Umständen beide bei gleicher Temperatur und

Der Unterschied der Valenzverhältnisse, welche den festen Zustand von dem selbständiger Gasmoleküle unterscheiden, kann bei verschiedenen Stoffen recht verschieden sein. Bei vielen flüchtigen Stoffen bleiben die aggregierenden Kräfte, die beim Auflösen oder im Krystall zu den atombindenden Kräften des Einzelmoleküls hinzukommen, von recht geringem Einfluß. Die molekülmäßige Formulierung wird hier in bezug auf das chemische Verhalten des betreffenden Stoffes keinen ins Gewicht fallenden Fehler begehen, solange die chemischen Umsetzungen von einer leicht verlaufenden Aufteilung in molekulare Bruchstücke begleitet oder eingeleitet sind. Dagegen müssen die Ungenauigkeiten einer einsinnigen molekularen Strukturfestlegung größer werden und können das erwünschte Maß überschreiten bei solchen Stoffen, in deren Krystallen oder Kolloidteilchen kleinere, periodisch wiederkehrende Baugruppen durch verhältnismäßig beträchtliche Kräfte vereinigt werden. So scheinen die Verhältnisse z. B. bei vielen natürlichen Kohlenhydraten zu liegen.

Damit kommen wir auf die eingangs gestellte Aufgabe zurück und fragen uns: Ist es zweckmäßig, das allgemeine Strukturproblem so komplizierter Gebilde wie der natürlichen hochmolekularen Kohlenhydrate oder der noch unübersichtlicheren verschiedenen Proteinarten an den keineswegs allgemein gültigen Begriff des Strukturmoleküls zu binden? Ist es erlaubt, für ein festes, krystallisiertes Kohlenhydrat, wie Inulin, und für seine kolloiden und seine hochdispersen Lösungen nach einem einzigen Strukturmolekül zu suchen, das wir nach den Wertigkeitsbegriffen der alten Valenzlehre entwerfen wollten? Nach welchem Maßstab sollten wir seinen Umfang bemessen? Wollte man z. B. einem Stoff wie Cellulose im Anschluß an Versuche von HESS[1]) das Strukturmolekül $C_6H_{10}O_5$ zuschreiben, so müßte man das chemische Verhalten der festen Cellulose ganz unberücksichtigt lassen, deren einzelne Hexosegruppen durch so starke Kräfte verbunden werden, daß ihr Zusammenhalt selbst eingreifende chemische Substitutionsoperationen überdauern können. Wollte man andererseits nach dem jüngst wiederholten Vorschlag von H. STAUDINGER[2]) die umfangreichen Teilchen einer wässerigen kolloiden Lösung, z. B. des Kohlenhydrats Inulin, als identisch mit deren Strukturmolekül erklären, so bliebe durchaus fraglich, ob die Größe dieser Teilchen, also des angeblichen Strukturmoleküls überhaupt konstant ist. Vor allem müßte man dann aber die Tatsache, daß Inulin sich in flüssigem Ammoniak völlig reversibel zu Teilchen vom Umfang $C_{12}H_{20}O_{10}$ aufspaltet, und daß Acetylinulin von Eisessig ebenfalls reversibel zu Teilchen ganz analogen Umfangs zerlegt wird, durch die Hilfshypothese einer Depolymerisation der größeren Strukturmoleküle zu erklären suchen, wie sie STAUDINGER auch ausgesprochen hat. Die Konsequenz wäre eine völlige Umänderung des Polymerisationsbegriffes, welche ergänzt werden müßte durch eine Angabe darüber, an welche Stelle die Grenze zwischen einer derartigen Polymerisation und gewöhnlichen Lösungsvorgängen zu setzen ist.

Es scheint mir, man sollte die Erforschung der hochmolekularen Naturstoffe vom Typus der Kohlenhydrate und der Proteine nicht in den zu engen Rahmen des Strukturmoleküls und der alten Valenzlehre einzwängen und vor allem hier nicht nach Hauptvalenz-Strukturmolekülen suchen, von denen man verlangt, daß sie ganz unabhängig vom Aggregatzustand und von der Natur einwirkender Dispersionsmittel sind. Wir verfügen heute noch nicht über die Kenntnisse vom Wesen der chemischen Bindungen, die notwendig wären, um das Verhalten der Stoffe in den verschiedenen Aggregat- und Lösungszuständen aus einer einzigen passend gewählten Formel auch nur mit einiger Annäherung abzuleiten.

Solange wir über solche Kenntnisse nicht verfügen, teilen wir das Strukturproblem der nichtflüchtigen hochmolekularen Naturstoffe vom Typus der Kohlenhydrate und Proteine besser in zwei Teilprobleme, indem wir einerseits beim einzelnen Stoff die Baugruppen des Krystalls (falls ein solcher existiert) nach krystallographischen Methoden zu ermitteln suchen und andererseits feststellen, welche kleinsten charakteristischen Baugruppen sich durch die Wirkung verschiedener Lösungsmittel reversibel[1]) herausspalten lassen. Diese Zweiteilung des Problems bringt den Vorteil, daß sich die beiden Teilaufgaben nunmehr losgelöst von begrifflichen Schwierigkeiten lediglich auf dem Boden des Experiments beantworten lassen. Wenn z. B. aus dem natürlichen Inulin auf zwei Wegen[2]) Teilchen vom Umfang zweier Fructosereste herausgeschält wurden und gezeigt werden konnte, daß diese Teilchen lediglich durch Verbindung mit ihresgleichen das atomreiche Gebilde der Inulinkrystalle regenerieren können, so scheint mir damit ein Beitrag zur Strukturlehre hochmolekularer Naturstoffe gewonnen, der unabhängig ist von allen Schwierigkeiten des strukturchemischen Molekülbegriffes und von der weiteren Entwicklung der Valenzlehre.

gleichem Druck, beide im gleichen Lösungsmittel bei gleicher Konzentration und Temperatur usw.) verschiedene Teilchengröße aufweisen. Dagegen sollte man eine verschiedene Teilchengröße desselben Stoffes unter verschiedenen Aggregatzuständen oder in verschiedenen Lösungsmitteln usw. nicht als Polymerisation bezeichnen, sondern als Aggregation oder Assoziation.

[1]) Liebigs Ann. d. Chem. **435**, 1. 1924.

[2]) Vgl. z. B. Helvetica chim. acta **8**, 332. 1925 und Vortrag auf der Naturforschertagung, Düsseldorf, September 1926.

[1]) Also durch Desaggregation, nicht durch Depolymerisation (in dem weiter oben definierten Sinn).

[2]) L. SCHMIDT und B. BECKER, Ber. d. dtsch. chem. Ges. **58**, 1968. 1925; REIHLEN und NESTLE, Ber. d. dtsch. chem. Ges. **59**, 1161. 1926; M. BERGMANN und E. KNEHE, Liebigs Ann. d. Chem. **449**, 302. 1926.

# Wirbelschichten und ihre Bedeutung für die Strömungsvorgänge.

A. BETZ, Göttingen.
(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Strömungsforschung.)

### *1. Eine neue Anwendung der Prandtlschen Grenzschichttheorie.*

Wenn man eine Flüssigkeit (worunter hier auch Gase zu verstehen sind) durch Druckunterschiede in Bewegung setzt, so geht im Innern derselben keine Energie verloren. Es setzt sich immer nur Bewegungsenergie in Druck um und umgekehrt. Es blieb lange Zeit nicht recht verständlich, wie trotz dieses Satzes der tatsächlich auftretende Energieverlust, der sich z. B. im Widerstand eines bewegten Körpers äußert, zu verstehen ist. Im Jahre 1904 wies PRANDTL (1) darauf hin, daß an den Grenzen der Flüssigkeit, insbesondere da, wo die Flüssigkeit an festen Wänden entlang strömt, die Voraussetzungen für die verlustlose Strömung nicht mehr erfüllt sind. Es bilden sich hier, durch Reibung an der Wand, Flüssigkeitsschichten geringerer Energie, sog. Grenzschichten, welche im weiteren Verlauf zu einer wesentlichen Umgestaltung der äußeren Strömung führen können und dadurch die erheblichen tatsächlich beobachteten Energieverluste zur Folge haben. PRANDTL hat auch damals bereits durch sehr anschauliche Versuche gezeigt, daß man durch künstliche Beeinflussung der Grenzschichtvorgänge die störende Wirkung derselben beseitigen kann.

In den Naturwissenschaften ist von PRANDTL in dem Artikel „Magnuseffekt und Windkraftschiff" (2) bereits auf diese Erscheinungen hingewiesen worden. Infolgedessen soll hier nur ganz kurz der Grundgedanke der Grenzschichttheorie wiederholt werden, soweit er zum Verständnis des Folgenden nötig ist. Dann soll über einige neuere technisch wichtige Versuche auf dem Gebiete der künstlichen Grenzschichtbeeinflussung, und zwar durch Absaugung der Grenzschicht[1]), berichtet werden. Im 2. Teil soll dann versucht werden, einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Grenzschichtforschung zu geben.

Wenn die Flüssigkeit an einer festen Wand entlangströmt, so verlieren die in der Nähe der Wand befindlichen Teilchen durch Reibung an der Wand einen Teil ihrer Geschwindigkeit. Die Teilchen unmittelbar an der Wand werden von ihr festgehalten, haben also die Geschwindigkeit Null; je weiter man sich von der Wand entfernt, desto größer wird die Geschwindigkeit und erreicht allmählich die Geschwindigkeit der ungestörten Strömung (Fig. 1). Bei sehr vielen, technisch vorkommenden Verhältnissen findet dieser Übergang in einer verhältnismäßig recht dünnen Schicht statt, so daß die Strömung außerhalb der Grenzschicht kaum merklich verändert wird. Ebenso wird der Druck innerhalb der dünnen Grenzschicht sich nicht merklich von dem Druck der Umgebung unterscheiden. Er ist daher an jeder Stelle der Wand durch die außerhalb der Grenzschicht stattfindende ungestörte Strömung bestimmt. Denken wir uns die Strömung in einem sich erweiternden oder verengenden Rohr, so wird in dem einen die Geschwindigkeit in der Stromrichtung abnehmen, in dem anderen zunehmen, da ja Geschwindigkeit × Querschnitt die sekundliche Durchflußmenge ist, und diese für jeden Querschnitt konstant sein muß. Mit dieser Geschwindigkeitsänderung ist auch eine Druckänderung verbunden, und zwar besteht bei verlustloser Strömung zwischen der Geschwindigkeit $v$ und dem Druck $p$ folgende als BERNOULLIsche Gleichung bekannte Beziehung

$$p + \frac{\varrho}{2} v^2 = \text{konst}$$

$\varrho$ ist dabei die Dichte der Flüssigkeit. In den weiten Rohrteilen ist daher die Geschwindigkeit

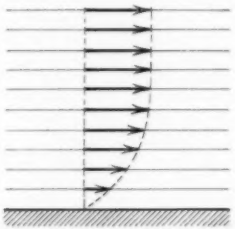


Fig. 1. Geschwindigkeitsabnahme in der Nähe einer Wand.

kleiner und der Druck größer als in den engen Teilen.

Verfolgen wir nun ein Teilchen der Grenzschicht bei einer solchen Druckänderung. Beim Übergang von Gebieten höheren Druckes in Gebiete niedrigeren Druckes zeigt sich kein wesentlicher Unterschied gegenüber der ungestörten Strömung; nur sind die Geschwindigkeiten kleiner, da ja ständig kinetische Energie durch Reibung an der Körperoberfläche verloren geht. Wenn aber der Druck in der Bewegungsrichtung ansteigt, so zeigen sich wesentlich auffallendere Erscheinungen. Infolge ihrer verminderten kinetischen Energie sind nämlich die Teilchen der Grenzschicht nicht mehr imstande, in das Gebiet erhöhten Druckes einzudringen. Sie werden zwar von der schnelleren äußeren Strömung durch Reibung noch etwas mitgerissen, aber da bei dem Druckanstieg auch die Geschwindigkeit der ungestörten Strömung unter Umständen sehr stark abnimmt, so reicht auch diese Hilfe vielfach nicht mehr aus, um die Grenz-

[1]) Über das Verfahren, die Grenzschicht durch Bewegen der Wände zu beeinflussen, was z. B. beim rotierenden Zylinder den Magnuseffekt zur Folge hat, ist an der erwähnten Stelle (2) bereits ausführlich berichtet worden.

schichtteilchen bis zur Stelle höchsten Druckes zu befördern. Die Grenzschicht fließt daher bei zu rasch ansteigendem Druck nur ein Stück weit der Körperoberfläche entlang. Dann staut sich das immer neu zuströmende Grenzschichtmaterial auf, die Grenzschicht wird in dieser Gegend immer dicker, bildet allmählich einen Wirbel, der nach Erreichung einer genügenden Größe, von der übrigen Strömung fortgeführt wird. Auf diese Weise gelangen einzelne Wirbel in die Strömung. Mit diesem Vorgang ist auch eine Umbildung der übrigen bisher verlustlosen Strömung verbunden, indem deren „Randbedingungen", wie die Mathematiker sich ausdrücken, durch die Wirbel geändert sind. Es entsteht ein von Wirbeln durchsetztes „Totwassergebiet", in dem sehr rasch weitere, und zwar meist sehr erhebliche, Energieverluste stattfinden.

Bei vielen Maschinen, insbesondere bei Wasserkraftanlagen, aber z. B. auch bei Gebläsen und Pumpen tritt die Aufgabe auf, die kinetische Energie, mit der die Flüssigkeit die Maschine verläßt, wiederzugewinnen, d. h. sie in Druck umzusetzen. Man läßt zu dem Zweck die Flüssigkeit durch ein sich langsam erweiterndes Rohr, einen sog. Diffusor[1]), strömen, in dem sich, wie wir schon besprachen, die Geschwindigkeit verlangsamt und dabei je nach den auftretenden Verlusten mehr oder weniger in Druck umsetzt.

Da wir hier eine Strömung mit Druckanstieg haben, so besteht die Gefahr, daß die geschilderten Vorgänge der Grenzschichtanhäufung bzw. Ablösung eintreten. Macht man die Erweiterung hinreichend schlank, so daß der Druckanstieg nur langsam erfolgt, so wird die Grenzschicht durch die äußere Strömung mitgerissen. Es findet keine Ablösung, sondern nur eine Verdickung der Grenzschicht statt. Geht man mit dem Erweiterungswinkel des Rohres über ein gewisses Maß (etwa 10°) hinaus, so treten Ablösungserscheinungen und damit erheblich größere Energieverluste auf. Der hiernach erforderliche geringe Erweiterungswinkel bedingt sehr lange Diffusoren, welche z. B. bei den großen Abmessungen von Wasserkraftanlagen recht unerfreulich hohe Baukosten verursachen. Man ist daher bemüht, die Baulänge der Diffusoren nach Möglichkeit zu verkürzen, muß aber andererseits sehr darauf achten, daß die Verluste im Diffusor nicht zu groß werden, da sonst der Wirkungsgrad der ganzen Anlage zu sehr sinken würde.

Hier ist die Möglichkeit gegeben, durch Absaugen der Grenzschicht wesentlich günstigere Verhältnisse zu schaffen. Fig. 2—4 zeigt die Wirkung der Absaugung an einem Versuchsgerinne[2]). Das Wasser strömt durch einen Kanal, dessen Breite sich vergrößert. Durch aufgestreutes Aluminiumpulver ist die Strömung sichtbar gemacht. In den seitlichen Wänden sind Schlitze $S$ angebracht, durch Öffnen von Hähnen kann man einen kleinen Teil des Wassers, im wesentlichen die an den Wänden sich bildende Grenzschicht, durch diese Schlitze abfließen lassen. In Fig. 2 sind diese Hähne geschlossen, so daß nichts durch die Schlitze strömt. Infolge der ziemlich raschen Erweiterung löst sich die Grenzschicht sehr bald von den Wänden ab, und links und rechts von der mittleren Strömung liegen zwei große von Wirbeln durchsetzte Totwassergebiete. In Fig. 3 ist ein Hahn geöffnet, so daß die Grenzschicht an der linken Wand abgesaugt wird. Die Strömung folgt dieser Wand ohne Ablösung, während auf der rechten Seite, wo nicht abgesaugt wird, immer noch große Wirbelgebiete auftreten. In Fig. 4 wird durch beide Schlitze abgesaugt. Die großen Totwassergebiete sind vollständig verschwunden. Die Strömung breitet sich gleichmäßig über den vergrößerten Querschnitt aus.

Zur quantitativen Ermittlung der bei diesen Vorgängen interessierenden Verhältnisse wurden Versuche mit der in Fig. 5 unten dargestellten Anordnung ausgeführt. [Vgl. den ausführlichen Bericht über diese und einige weitere Versuche von ACKERET in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (3).] Die Erweiterung ist dabei so stark gewählt, daß ohne Absaugen bereits recht erhebliche Energieverluste auftreten. Der Durchmesser an der engsten Stelle der Leitung war $d = 14$ mm. Die Drücke wurden an verschiedenen Stellen der Rohrleitung gemessen, so daß man den Verlauf des Druckanstiegs verfolgen kann. Außerdem wurde auch die durch den Schlitz abfließende Wassermenge gemessen, um ein Bild über die zur Absaugung nötige Arbeitsleistung zu gewinnen. Fig. 5 zeigt oben den Druckanstieg, einmal bei geschlossenen Schlitz ($s = 0$ mm) und einmal bei einer Schlitzweite von 0,6 mm. Man erkennt deutlich den wesentlich größeren Druckgewinn, der sich durch Absaugen der Grenzschicht erzielen läßt. Die durch den Schlitz abfließende Wassermenge betrug dabei rd. 5% der gesamten durch das Rohr fließenden Menge. Wenn man annimmt, daß man dieses Schlitzwasser durch eine Pumpe dem ursprünglichen Strome nach seiner Drucksteigerung wieder zuführen muß, so ist dazu eine Leistung von rd. $3^1/_2$% der im engsten Querschnitt vorhandenen kinetischen Energie nötig. Man sieht daraus, daß die zum Absaugen erforderliche Leistung verhältnismäßig klein ist, gegenüber dem Gewinn, den man durch die Absaugung erzielt. Um nicht mißverstanden zu werden, sei aber bemerkt, daß sich dieser Erfolg der Absaugung nur dann erzielen läßt, wenn die Erweiterung so stark ist, daß ohne Absaugung bereits erhebliche Verluste auftreten. Macht man die Erweiterung hinreichend schlank, so daß die Verluste auch ohne Absaugung klein sind, so nützt natürlich auch das Absaugen nichts Wesentliches mehr. Man kann also einen an sich guten Diffusor durch Absaugen der Grenzschicht nicht wesentlich ver-

[1]) Bei Wasserturbinen „Saugrohr" genannt.

[2]) Dieses war auf der internationalen Ausstellung für Binnenschiffahrt und Wasserkraftnutzung in Basel 1926 im Betriebe zu sehen.

Fig. 2. Normale Strömung in einem stark erweiterten Kanal.

Fig. 4. Strömung in einem stark erweiterten Kanal mit Grenzschichtabsaugung an beiden Kanalwänden.

Fig. 3. Strömung in einem stark erweiterten Kanal mit Grenzschichtabsaugung an der linken Kanalwand.

bessern. Der Nutzen der Absaugung liegt vielmehr darin, daß man auch bei stärkerer Erweiterung also mit einem kürzeren Diffusor noch gute Wirkungsgrade erzielen kann.

### 2. *Vorgänge in der Grenzschicht.*

Die entscheidende Rolle, welche die Grenzschicht bei fast allen Strömungsvorgängen spielt, läßt es wünschenswert erscheinen, genaueren Einblick in die Struktur der Grenzschicht und in den Vorgang der Ablösung zu gewinnen. Sei es, daß man die Ablösung durch Absaugen der Grenz-

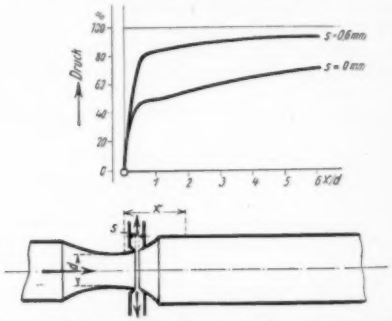



Fig. 5. Druckanstieg in einem stark erweiterten Rohr mit und ohne Grenzschichtabsaugung in Prozenten des theoretisch erreichbaren Druckgewinnes.

schicht oder durch günstige Formgebung vermeiden will, immer wird man die erforderlichen Maßnahmen leichter und sicherer treffen können, wenn man über die feineren Vorgänge in der Grenzschicht unterrichtet ist. Leider ist unsere Kenntnis auf diesem Gebiete noch recht lückenhaft. Krieg und Inflationszeit dürften nicht unerheblich schuld sein, daß die Forschungen auf diesem wichtigen Gebiet nicht stärker gefördert wurden. Aber in den letzten Jahren hat sich das Interesse dieser Aufgabe wieder stärker zugewandt und auch einige wichtige Erfolge gezeitigt. Man darf hoffen, daß auch die nächste Zeit weitere Aufklärung bringen wird.

Abgesehen von den mathematischen Schwierigkeiten, die ja auch bei sehr vielen anderen Problemen auftreten, macht sich hier noch ein besonderer Umstand erschwerend geltend: Man möchte annehmen, daß die einzelnen Flüssigkeitsteilchen der Grenzschicht zwar in ihrer Geschwindigkeit vermindert sind, aber im übrigen im wesentlichen parallel zur Körperoberfläche sich bewegen. Die rechnerische Verfolgung der Vorgänge böte dann wenigstens im Prinzip keine Schwierigkeiten, wenn auch die dabei auftretenden mathematischen Probleme meist nicht ganz einfach sind. Einige Rechnungen dieser Art sind durchgeführt von BLASIUS (4), HIEMENZ (5), K. POHLHAUSEN (6).

Sehr häufig, und zwar gerade in den meisten technisch wichtigen Fällen, strömt aber die Flüssigkeit in der Grenzschicht gar nicht in so regelmäßigen parallelen Stromlinien. Unter gewissen Voraussetzungen wird nämlich eine solche Strömung mit von Stromlinie zu Stromlinie wechselnder Energie unstabil, d. h. sie löst sich in einen unübersichtlich durcheinanderwirbelnden Vorgang auf. Man nennt diese letztere Strömungsform der Wirbelschichten *turbulent*. Die Strömungsform in parallelen Stromlinien bezeichnet man als *laminar*.

Am bekanntesten ist dieses Unstabilwerden bei Strömungen in Rohrleitung. Wenn nämlich eine Rohrleitung hinreichend lang ist, so wächst die Grenzschicht in der sog. Anlaufstrecke soweit an, daß schließlich der ganze Querschnitt von Grenzschichtmaterial erfüllt ist. Es herrschen demnach in einer solchen Rohrleitung ganz ähnliche Verhältnisse wie in einer gewöhnlichen Grenzschicht, indem die Geschwindigkeit an der Rohrwand Null ist und nach der Rohrachse hin anwächst. Es hat sich auch gezeigt, daß man viele aus dem Studium der Rohrströmung gefundenen Ergebnisse mit gutem Erfolg auf die Vorgänge in gewöhnlichen Grenzschichten übertragen kann (7). Man hat gefunden, daß für das Auftreten von turbulenter oder laminarer Strömung in Rohren eine bestimmte Größe, die sog. REYNOLDSsche Zahl $R$, maßgebend ist. Diese ist definiert durch die Gleichung

$$R = \frac{vd}{\nu}$$

wobei $v$ die mittlere Geschwindigkeit im Rohr, $d$ den Rohrdurchmesser[1]) und $\nu$ die kinematische Zähigkeit (d. i. der Quotient aus Zähigkeit und Dichte) bedeuten.

Bei REYNOLDSschen Zahlen (bezogen auf den Rohrdurchmesser s. Fußnote 1) unter 2320 ist die Strömung stets laminar, wenn sie nicht ständig künstlich gestört wird. Bei REYNOLDSschen Zahlen über 2320 kann sie laminar sein, wenn Störungen sorgfältig vermieden werden, wenn sie aber einmal turbulent ist, bleibt sie turbulent. Je größer die REYNOLDSsche Zahl, um so kleinere Störungen genügen, um die Strömung turbulent zu machen. Ob es eine Grenze gibt, oberhalb der keine laminare Strömung existieren kann, ist bis jetzt nicht bekannt. Praktisch sind aber fast stets so viel Störungen vorhanden, daß die Strömung bei $R >$ ca. 3000 fast immer turbulent ist.

Mit der Strömungsform (laminar oder turbulent) ändert sich auch das Gesetz, dem der Druckverlust im Rohr (der Rohrwiderstand) folgt. Während bei laminarer Strömung der Druckabfall in einem glatten geraden Rohr von konstantem Querschnitt

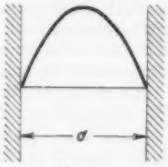


Fig. 6.

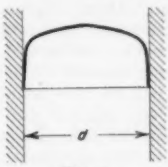


Fig. 7.

Fig. 6 und 7. Geschwindigkeitsverteilung in einem Rohr links bei luminarer Strömung, rechts bei turbulenter Strömung.

proportional der mittleren Durchflußgeschwindigkeit ist, ist er bei turbulenter Strömung proportional der 1,75-ten Potenz[2]) der Geschwindigkeit. Außerdem ändert sich auch die Geschwindigkeitsverteilung im Rohr. Trägt man die Geschwindigkeiten für die verschiedenen Punkte eines Durchmessers als Ordinaten über dem Durchmesser auf, so erhält man bei laminarer Strömung eine Parabel (Fig. 6). Bei turbulenter Strömung ist die Geschwindigkeit für jeden Punkt schwankend. Man kann aber den zeitlichen Mittelwert bilden und erhält dann für diese durchschnittlichen Geschwindigkeiten eine Verteilung, welche wesentlich völliger ist (Fig. 7). PRANDTL und KARMAN (7) haben gezeigt, daß zwischen dem Widerstandsgesetz und der Geschwindigkeitsverteilung eine Beziehung besteht. Wenn man von der allernächsten Nachbarschaft der Rohrwand und von

[1]) Die Einführung des Rohrduchmessers ist an sich willkürlich. Man kann statt dessen z. B. auch den Radius wählen.

[2]) Dieses Gesetz ist in sehr weiten Grenzen (bis etwa $R = 10^5$) ziemlich gut bestätigt. Neuere Versuche von JAKOB und ERK (8) scheinen allerdings darauf hinzudeuten, daß es nicht absolut zutrifft, indem bei noch größeren REYNOLDSschen Zahlen Abweichungen beobachtet wurden.

dem mittleren Teil des Rohres absieht, so ergibt sich auf Grund des Rohrwiderstandsgesetzes, daß bei turbulenter Strömung die durchschnittliche Geschwindigkeit proportional der 7. Wurzel der Entfernung von der Rohrwand zunimmt (vgl. Fig. 7). Dieses Ergebnis läßt sich sinngemäß auch auf andere Grenzschichten übertragen. KARMAN konnte mittels dieser Übertragung z. B. die Oberflächenreibung von glatten ebenen Platten bei geradliniger Bewegung oder von rotierenden Scheiben in guter Übereinstimmung mit den Erfahrungswerten berechnen (7).

Bei der turbulenten Strömung sind über die durchschnittliche Bewegung unregelmäßige Störungsbewegungen gelagert. Durch jene Störungsbewegungen, welche senkrecht zur Wand gerichtet sind, werden Flüssigkeitsteile aus der nächsten Nähe der Wand, die sehr kleine Geschwindigkeit haben, von der Wand entfernt und gelangen so in Gebiete, wo im Durchschnitt größere Geschwindigkeit herrscht. Umgekehrt rücken Teile mit verhältnismäßig großer Energie in die Nähe der Wand. Durch diesen Austausch schnellerer und langsamerer Teile und ihre Vermischung, tritt ein erheblich rascherer Ausgleich der Strömungsenergie ein als es bei der laminaren Strömung der Fall ist. Die schnelleren Teile reißen die langsameren stärker mit und die langsameren verzögern die schnelleren stärker, als wenn sie nur durch ihre Zähigkeit aufeinander einwirken. Die turbulente Bewegung wirkt daher so, als ob die Zähigkeit der Flüssigkeit vergrößert wäre. Man kann diese *„scheinbare Zähigkeit"* als ein Maß für die Turbulenz verwenden[1]). Die von der Turbulenz herrührende scheinbare Zähigkeit unterscheidet sich von der wahren Zähigkeit wesentlich dadurch, daß sie von Ort zu Ort verschieden ist. Sie wird ja durch Bewegungen senkrecht zur Wand verursacht. Nun kann aber sicher an der Wand selbst keine solche Querbewegung stattfinden, da sie ja sonst durch die Wand hindurchgehen müßte. Infolgedessen ist auch an der Wand selbst nur die wahre Zähigkeit wirksam. Aber auch in der Nähe der Wand ist die Querbewegung um so mehr behindert, je geringer die Entfernung von der Wand ist. Man erhält daher eine mit abnehmendem Abstand von der Wand abnehmende scheinbare Zähigkeit. Mit dieser veränderlichen scheinbaren Zähigkeit hängt auch die obenerwähnte Geschwindigkeitsverteilung in der turbulenten Grenzschicht zusammen. Man kann daher umgekehrt aus dem Gesetz für die Geschwindigkeitsverteilung auf die Abhängigkeit der scheinbaren Zähigkeit vom Wandabstand schließen. Sie ist proportional der 6/7-ten Potenz des Wandabstandes[2]).

[1]) Dieses eine Maß genügt allerdings nicht zur vollständigen Kennzeichnung des turbulenten Zustandes.

[2]) Für den Wandabstand Null wird die Zähigkeit natürlich nicht Null, sondern geht in die wahre Zähigkeit über. Letztere ist aber im allgemeinen so klein gegenüber der scheinbaren, daß sie nur in unmittelbarer Nähe der Wand eine merkliche Rolle spielt.

Diese merkwürdig strengen Gesetzmäßigkeiten deuten darauf hin, daß die turbulente Strömung trotz ihre unübersichtlichen und scheinbar ganz unregelmäßigen Bewegungsvorgänge doch gewissen mechanischen Gleichgewichtsbedingungen unterworfen ist, so daß sich wenigstens im Durchschnitt ganz bestimmte Werte ergeben. Diese Verhältnisse erinnern etwas an die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie, wo man auch trotz der vollständig unübersichtlichen Bewegung der einzelnen Moleküle doch sehr streng gültige Mittelwertsätze erhält. Leider war es bis jetzt nicht möglich, sich vom Mechanismus der turbulenten Bewegung solche Vorstellungen zu bilden, daß man daraus die bekannten zahlenmäßigen Beziehungen (z. B. die Geschwindigkeitsverteilung) theoretisch ableiten könnte. Man kann sich die Zusammenhänge nur qualitativ einigermaßen klarmachen:

Wenn eine turbulente Strömung besteht, so wird durch die scheinbare Zähigkeit mehr Strömungsenergie vernichtet, als wenn die Strömung laminar und nur die wahre Zähigkeit wirksam wäre. Von dieser verschwundenen Strömungsenergie wird aber zunächst nur das in Wärme umgewandelt, was durch die wahre Zähigkeit vernichtet wird. Beim Mischungsvorgang, auf dem ja die scheinbare Zähigkeit beruht, wird die Energie der Hauptströmung (durchschnittliche Geschwindigkeit) dadurch zum Verschwinden gebracht, daß die Strömung in unregelmäßige Wirbelbewegung aufgelöst wird. Der durch die Turbulenz bedingte höhere Energieverbrauch wird also dazu verwandt, neue Querbewegungen, also neue Turbulenz zu erzeugen. Andererseits wird der turbulenten Störungsbewegung ständig Energie durch innere Reibung entzogen. Es bildet sich daher irgendein Gleichgewichtszustand aus, bei dem die der turbulenten Störungsbewegung durch die scheinbare Zähigkeit zugeführte Energie gerade so groß ist, wie die ihr durch die wahre Zähigkeit entzogene Energie. Da mit abnehmender REYNOLDSscher Zahl die wahre Zähigkeit immer stärker sich geltend macht, so kann man auch verstehen, daß unterhalb einer bestimmten REYNOLDSschen Zahl kein turbulenter Strömungszustand mehr bestehen kann, da die Störungsbewegung mehr Energie durch die wahre Zähigkeit verliert als sie durch die scheinbare gewinnen kann.

Alle die angeführten quantitativen Aussagen über die Verteilung der Geschwindigkeit und der scheinbaren Zähigkeit gründen sich auf das Widerstandsgesetz für turbulente Strömung in glatten geraden Rohren von konstantem Querschnitt. Sie gelten daher auch nur für solche Grenzschichten, bei denen entsprechende Bedingungen vorliegen: glatte ebene Oberfläche und annähernd konstanter Druck auf dieser Fläche. In den meisten Fällen, in denen uns Grenzschichten interessieren, sind nun diese Voraussetzungen in mehr oder weniger starkem Maße nicht erfüllt. Vielfach sind die Oberflächen rauh, außerdem sind sie meist gekrümmt und die Drücke wechseln von Punkt zu

Punkt. Insbesondere wissen wir ja, daß die unangenehme Ablösung der Grenzschicht immer bei Druckanstieg zu erwarten ist. Alle diese Nebenumstände ändern den turbulenten Strömungsvorgang. Die Rauhigkeit bringt eine zusätzliche Störung, also eine Vermehrung der Turbulenz mit sich. Infolge der Krümmung der durchschnittlichen Stromlinien treten Zentrifugalkräfte auf, und zwar für die schnelleren Teilchen in stärkerem Maße als für die langsamen. Bei der Strömung längs einer konvex gewölbten Oberfläche werden daher durch die Zentrifugalkraft die langsameren Teilchen auf die Körperoberfläche hin, die schnelleren von ihr weggedrängt. Dieser Effekt wirkt der turbulenten Störungsbewegung, welche die schnellen und die langsamen Teilchen zu mischen sucht, entgegen. Die scheinbare Zähigkeit wird daher verringert, die Neigung zur Ablösung vergrößert. Das Umgekehrte ist bei der längs einer konkaven Fläche strömenden Grenzschicht der Fall. Besonders stark ist der Einfluß eines Druckanstiegs und Druckabfalls in Richtung der Strömung bzw. der einer entsprechenden Änderung der Strömungsgeschwindigkeit. Da hier zu jedem Punkt ein anderer Gleichgewichtszustand der turbulenten Störungsbewegung gehört, die Ausbildung dieses Gleichgewichtszustandes aber eine gewisse Zeit erfordert, so entspricht der jeweilige Turbulenzzustand in einem Punkt immer einem etwas davorliegendem Punkte, er paßt also nicht zu der betreffenden Geschwindigkeit. Dies hat zur Folge, daß die Turbulenz bei beschleunigter Bewegung verkleinert, bei verzögerter vermehrt wird.

Die experimentellen Untersuchungen über diese Einflüsse sind noch ziemlich dürftig. Über den Einfluß der Rauhigkeit auf das Widerstandsgesetz von geraden Rohren sind im Aerodynamischen Institut in Aachen von HOPF (9) und FROMM (10) und wichtige Gesetzmäßigkeiten festgestellt worden. Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung in Göttingen sind zur Zeit weitere Versuche über Rauhigkeitseinflüsse in Arbeit, welche insbesondere auch die Untersuchung der Geschwindigkeitsverteilung in der Nähe rauher Wände zur Aufgabe haben. Zur Frage der Erscheinungen bei Druckanstieg und -abfall hat die Dissertation von DÖNCH (11) wichtige Beiträge geliefert. Über den Einfluß der Krümmung ist eine Untersuchung im Kaiser Wilhelm - Institut für Strömungsforschung in Angriff genommen.

Es ist zu hoffen, daß diese teils fertigen, teils in Arbeit befindlichen Untersuchungen zur weiteren Klärung der Grenzschichtfrage beitragen werden, und daß wir dadurch dem Ziel, die mit Energieverlust verbundenen Strömungsvorgänge, insbesondere die Entstehung des Widerstandes bewegter Körper theoretisch zu beherrschen, näherkommen.

*Zusammenfassung.*

Nach einer kurzen Erläuterung der PRANDTLschen Grenzschichttheorie werden Versuche mitgeteilt, Diffusoren durch Absaugen von Grenzschicht zu verbessern. Im 2. Teil wird auf die Erschwerung hingewiesen, welche sich für die theoretische Behandlung durch das Turbulentwerden der Grenzschicht ergibt. Es wird dann versucht, den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse über turbulente Grenzschichten darzustellen.

*Literatur.*

1. L. PRANDTL, Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung. Verhandl. d. III. intern. Mathematikerkongr. zu Heidelberg 1904, S. 484. Leipzig 1905.
2. L. PRANDTL, Magnuseffekt und Windkraftschiff. Naturwissenschaften **13**, 93. 1925.
3. J. ACKERET, Grenzschichtabsaugung. Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 1926, S. 1153.
4. H. BLASIUS, Grenzschichten in Flüssigkeiten mit sehr kleiner Reibung. (Diss. Göttingen 1907.) Zeitschr. f. Math. u. Physik 1908, S. 1.
5. K. HIEMENZ, Die Grenzschicht an einem in den gleichförmigen Flüssigkeitsstrom eingetauchten Kreiszylinder. (Diss. Göttingen 1911.) Dingl. Polyt. Journ. **326**, 321. 1911.
6. K. POHLHAUSEN, Zur näherungsweisen Integration der Differentialgleichung der laminären Grenzschicht. (Diss. Göttingen 1920.) Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. **1**, 352. 1921.
7. TH. V. KARMAN, Über laminare und turbulente Reibung. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1921, S. 233.
8. M. JAKOB u. S. ERK, Der Druckabfall in glatten Rohren und die Durchflußziffer von Normaldüsen. Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 267. V.D.I.-Verlag.
9. L. HOPF, Die Messung der hydraulischen Rauhigkeit. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1923, S. 329.
10. K. FROMM, Strömungswiderstand in rauhen Rohren. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1923, S. 339.
11. F. DÖNCH, Divergente und konvergente turbulente Strömung mit kleinen Öffnungen. (Diss. Göttingen 1924.) Forschungsarbeit aus dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 282. V.D.I.-Verlag 1926.

## Pontoporeia affinis und Pallasea quadrispinosa in den norddeutschen Seen[1]).

Von AUGUST THIENEMANN, Plön (Holstein).

(Aus der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft.)

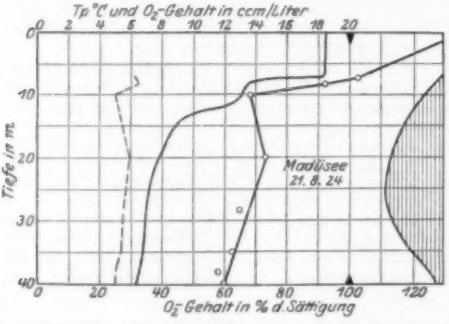
Die glazial-marinen Reliktenkrebse der nord- europäischen und norddeutschen Seen haben seit langem das Interesse der Forscher auf sich gezogen.

[1]) Sechste Mitteilung der „Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen". Die erste Mitteilung erschien im Arch. f. Hydrobiol. **12**. 1—65. 1918, die zweite in der Zeitschr. f. wiss. Insektenbiol. **14**, 209—217. 1918, die dritte in der Festschrift der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Berlin, Julius Springer 1921. 202—207, die vierte im Arch. f. Hydrobiol. **13**. 609—646. 1922, die fünfte in der Zeitschr. f. wiss Biol., Abt. A: Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere **3**, 389—440. 1925.

Die in einzelnen Seen Norddeutschlands vorkommenden 3 Arten: *Mysis relicta* Lovén, *Pontoporeia affinis* Lindström und *Pallasea quadrispinosa* Sars sind durch Vermittlung von Stauseen vor dem Eisrande der letzten Eiszeit aus der damaligen Ostsee in ihre jetzigen Wohngebiete transportiert worden. Das Problem, weshalb sich diese Krebse heute *nicht in allen Seen* am Rande der Baltischen Endmoräne und ihres Rückzugsgebietes finden, ließ sich für *Mysis relicta* dahin lösen, daß diese Art nur in solchen Seen zu leben vermag, in denen der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers im Hochsommer normalerweise nicht unter 4 ccm $O_2$ pro Liter sinkt (1). Ob und inwieweit die sommerlichen Sauerstoffverhältnisse der Seetiefe auch für *Pontoporeia* und *Pallasea* eine verbreitungsregulierende Wirkung ausüben, war bisher nicht genauer untersucht. Wir haben daher im August 1926 in sämtlichen bekannten norddeutschen *Pontoporeia*seen sowie in allen *Pallasea*seen mit Ausnahme der ostpreußischen die Verteilung der Reliktenkrebse und die Sauerstoffschichtung festgestellt.

### 1. *Pontoporeia affinis.*

*Pontoporeia* kommt in größeren Mengen nur im Madüsee bei Stettin und im Unter-Uckersee bei Prenzlau vor. Zweifellos am häufigsten ist sie im Madüsee. Im Sommer meidet sie das warme Epilimnion und bevölkert den Seeboden unterhalb der Sprungschicht bis zur größten Tiefe (42 m). Im Sommer 1924 erreichte sie in 24—28 m ihre Maximalzahl mit 3600 Tieren pro qm Bodenfläche [(2), S. 179]; in der größten Tiefe sank damals die Zahl wieder auf 150 pro Quadratmeter (Kurventafel 1). Im Winter wird sie nach oben bis in die




Kurventafel 1: Temperatur- und Sauerstoffschichtung, sowie Pontoporeiaverteilung im Madüsee am 21. VIII. 1924. [Gerissene Linie = $O_2$-Gehalt in ccm/Liter. Durch Kreise unterbrochene Linie = $O_2$-Gehalt in Prozent der Sättigung, einfache Linie = Temperatur in Grad Celsius. Senkrecht schraffiert = Pontoporeiaverteilung nach (1) S. 179.]

1-m-Schicht angetroffen [(3), S. 686]. Die im Bodenwasser des Madüsees beobachteten $O_2$-Minima betrugen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| am 28. August 1916 | in 30 m | 4,72 ccm $O_2$ | pro Liter |
| | in 37 m | 4,55 ccm $O_2$ | pro Liter |
| am 14. Sept. 1918 | in 28 m | 5,70 ccm $O_2$ | pro Liter |
| am 21. August 1924 | in 38 m | 4,93 ccm $O_2$ | pro Liter |
| | in 40 m | 5,12 ccm $O_2$ | pro Liter |
| am 21. August 1926 | in 25 m | 5,62 ccm $O_2$ | pro Liter |

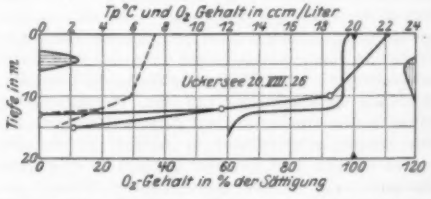
Das Sauerstoffminimum für *Pontoporeia* lag also im Madüsee bei 4,55 ccm pro Liter.

Ganz anders ist die *Pontoporeia*verteilung im Uckersee. Hier fand sich am 20. VIII. 1926 in 3 m zwischen Characeen weder *Ponpotoreia* noch *Pallasea*; in 6—3 m zwischen Ceratophyllum, Fontinalis, Characen, Vaucheria Massen *Pallasea*, wenig *Pontoporeia*; in 5—6 m zwischen Dreissensiaklumpen (Sublitoral!) keine *Pallasea*, aber reichlich *Pontoporeia*; in 10 m zwischen grauem Schlamm mit lebenden und toten Dreissensien keine *Pallasea*, wenig *Pontoporeia*; in 11—12 und 14 m weder *Pallasea* noch *Pontoporeia*.

*Pontoporeia* ist also zur Zeit in 4—10 m Tiefe, mit einem Maximum in 5—6 m Tiefe, vorhanden. Vergleicht man damit die Sauerstoffverhältnisse (Tabelle und Kurventafel 2), so ergibt sich folgendes:

*Temperatur- und Sauerstoffschichtung im Uckersee am 20. VIII. 1926*[1]).

| M | Tp | $O_2$ | $O'_2$ | $\delta$ | $O_2$% |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 19,7 | 7,31 | 6,32 | + 0,99 | 115,7 |
| 10 | 19,3 | 5,90 | 6,36 | — 0,46 | 92,6 |
| 12 | 18,5 | 3,75 | 6,47 | — 2,72 | 58,0 |
| 13* | 13,1 | 0 | 7,26 | — 7,26 | 0 |
| 14* | 12,6 | 0,71 | 7,34 | — 6,63 | 9,7 |
| 15* | 12,1 | 0,82 | 7,42 | — 6,60 | 11,0 |




Kurventafel 2: Temperatur- und Sauerstoffschichtung, sowie Verteilung von Pontoporeia und Pallasea im Uckersee am 20. VIII. 1926. (Senkrecht schraffiert = Pontoporeia; wagrecht schraffiert = Pallasea.)

Das beobachtete $O_2$-Minimum für *Pontoporeia* beträgt im Uckersee 5,9 ccm $O_2$ pro Liter; schon bei 3,75 ccm $O_2$ pro Liter fehlt der Krebs.

Während also im Madüsee, einem typischen norddeutschen Tanytassussee [vgl. (1), S. 404ff.] mit hohem $O_2$-Gehalt des Tiefenwassers, *Pontoporeia* auch im Sommer den ganzen Seeboden unterhalb der Sprungschicht besiedelt, ist sie im

[1]) $M$ = Tiefe in m; $O_2$ = beobachteter $O_2$-Gehalt in ccm pro Liter; $O'_2$ = theoretisch zuerwartender $O_2$-Gehalt [vgl. (1), S. 415], $\delta$ = Differenz beider; $O_2$% = $O_2$ in Proz. von $O'_2$; * = Grund des Sees erreicht.

Uckersee, einem typischen Chironomussee, auf einen schmalen Streifen dicht oberhalb der Sprungschicht beschränkt und meidet das $O_2$-arme Hypolimnion. Hier liegt eine Parallelerscheinung zu der Verteilung von *Mysis relicta* im Tollensesee vor [(1), S. 412, 430, 431], nur mit dem Unterschied, daß im Tollensesee *Mysis* einen Streifen dicht *unter* der Sprungschicht, also kaltes Wasser bewohnte, während *Pontoporeia* im Uckersee durch den $O_2$-Schwund in der Tiefe in das über 19° warme Wasser des Epilimnions gedrängt ist. Das ist eine für ein stenothermes Glazialrelikt recht hohe Temperatur, der der Krebs hier wohl allsommerlich ausgesetzt ist. Im Zusammenhang damit steht auch die — verglichen mit dem Massenauftreten im Madüsee — relativ geringe Anzahl der *Pontoporeia*exemplare, die man im Uckersee findet. Oder mit anderen Worten: der Aussterbeprozeß von *Pontoporeia*, der durch die $O_2$-bedingte Verdrängung der Tiere aus dem Hypolimnion in das warme Epilimnion verursacht wird, ist im Uckersee schon in vollem Gange!

Noch weiter fortgeschritten ist er im Cummerower See (nördl. Malchin, auf der Grenze von Mecklenburg und Neuvorpommern), ebenfalls einem Chironomussee. Hier trafen wir (am 17. VIII. 1926) *Pallasea* zwar massenhaft in 2—3 m (Characeen) bis 6—7 m (Sublitoral), ganz vereinzelt in 15—16 m (Profundal), *Pontoporeia* aber nur ganz vereinzelt in 6—16 m Tiefe. Wir haben bei *vielen* Dredgezügen im ganzen nur etwa ein halb Dutzend *Pontoporeia*individuen erbeutet! (Auch WELTNER fing am 26. IX. 1901 dort im ganzen nur 17 Tiere.) Der Wind hatte in dem fast rein SW—NO sich erstreckenden relativ flachen Zungenbecken am Untersuchungstage schon die thermische und damit auch die Sauerstoffschichtung bis zum Grunde hin ausgeglichen (in 14 m Tp. = 18,7°; $O_2$ = 7,26 ccm pro Liter), so daß das Sauerstoffminimum für die Zeit extremster Stratifikation nicht angegeben werden kann.

Da SAMTER und WELTNER (4) *Pontoporeia* auch für den Soldiner See (Neumark) angeben, so habe ich auch diesen See untersucht. Hier lebt (am 22. VIII. 1926) *Pallasea* in Mengen in 4—5 m und geht nur in verschwindender Zahl in geringere (bis 2 m) oder größere (bis 8—10 m) Tiefen. Von *Pontoporeia* fingen wir kein einziges Stück. SAMTER fing (laut WELTNERS Tagebuch; Material im Berliner Museum) am 12. IV. 1901 in der Mitte des Sees in 20 m Tiefe 2 Pontoporeiaexemplare. Diese, die jetzt noch merkwürdig braun aussehen, sind sicher mit den (gelohten!) Dredgen aus dem Madüsee, an dem SAMTER und WELTNER noch am 11. IV. arbeiteten, eingeschleppt worden. Der Soldiner See, ein Chironomussee mit *Corethra* und einem $O_2$-Minimum am Grunde von 2,5 ccm pro Liter, ist sicher *kein Pontoporeia*see. Im Tollensesee und Dratzigsee haben wir nie wieder *Pontoporeia* nachweisen können, so daß auch diese beiden Seen aus der Reihe der norddeutschen *Pontoporeia*seen zu streichen sind [vgl. (1), S. 428].

Zusammenfassend läßt sich das Auftreten von *Pontoporeia affinis* in den norddeutschen Seen also so charakterisieren: Nur im Madüsee, einem Tanytarsussee mit $O_2$-reichem Hypolimnion, findet *Pontoporeia* wirklich günstige Lebensbedingungen. Uckersee und Cummerower See — Chironomusseen mit $O_2$-armem Hypolimnion — stellen eine Reihe mit ungünstiger werdenden Lebensbedingungen für unseren Krebs dar; während seine Individuenzahl im Uckersee noch relativ hoch ist, ist sie im Cummerower See eine minimale. Verursacht wird das Aussterben von *Pontoporeia* in diesen Seen durch den $O_2$-Schwund im Hypolimnion, durch den das Tier im Sommer in die durch ihre hohe Temperatur für *Pontoporeia* ungünstigen oberen Wasserschichten verdrängt wird. Der niedrigste $O_2$-Gehalt, bei dem *Pontoporeia* bisher beobachtet wurde, betrug 4,55 ccm $O_2$ pro Liter. *Pontoporeia* scheint also tatsächlich noch $O_2$-bedürftiger zu sein als *Mysis* (vgl. 2, S. 179).

### 2. *Pallasea quadrispinosa*.

Anders liegen die Verhältnisse bei *Pallasea*.

Auch hier können wir zwei, allerdings durch Übergänge miteinander verbundene Hauptverbreitungstypen unterscheiden.

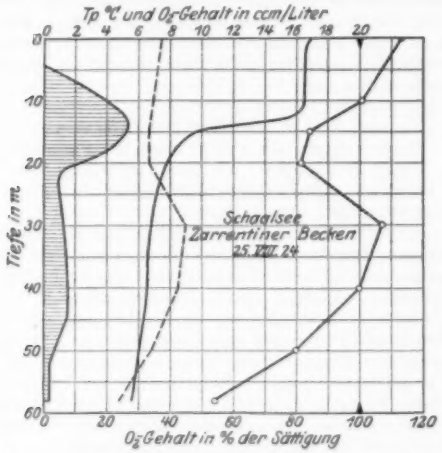
a) Der erste Typus findet sich in den sauerstoffreichen Tanytarsusseen, in denen *Pallasea* auch im Sommer vom unteren Litoral bis in die größten Seetiefen verbreitet ist. Hierher gehören der Madüsee ($O_2$-Verhältnisse der Seetiefe vgl. oben); ferner der Dratzigsee bei Tempelburg in Hinterpommern (Maximaltiefe 83 m), in dem wir in dem Tempelburger Tief im August 1926 bis in 74 m Tiefe (Tp. 5,9°, $O_2$-Gehalt 6 ccm pro Liter) *Pallasea* in Mengen nachgewiesen haben. Sie beginnt hier unter der Sprungschicht. In den flacheren Seeteilen um die Insel Kalkwerder herum trat sie am Grunde noch bei einem $O_2$-Gehalt von 3,4 ccm massenhaft auf (zum Teil eiertragende Weibchen und frisch geschlüpfte junge Tiere). Auch im Außen-Schaalsee (Grenze von Mecklenburg-Schwerin und Kreis Herzogtum Lauenburg) lebt sie im August von etwa 3 m Tiefe an bis in die größten Tiefen in Mengen (z. B. im Zarrentiner Becken im August 1926 bis 55 m nachgewiesen. Tp. 6,4°, $O_2$-Gehalt 3,7 ccm, vgl. Kurventafel 3); aber auch bei 2 ccm $O_2$ kann sie hier (Dargowtief 1. IX. 1926: 23 m Tiefe, Tp. 8,4°) zahlreich sein; doch ist dies ein Ausnahmefall.

Wird der sommerliche Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers eines *Pallasea*sees oder Seeteiles niedriger als etwa 3,5 ccm, so wird die *Pallasea*zahl in diesen Tiefen gering, wenn schon einzelne Exemplare immer noch in der Tiefe des Sees nachzuweisen sind.

So im Gr. Lübbesee[1]) bei Dramburg in Hinterpommern (Maximaltiefe 46 m), einem Tanytarssusee; hier begann *Pallasea* am 30. VIII. 1926 in 8 m

[1]) In diesem See lebt auch *Mysis relicta* (in den gleichen Schichten wie *Pallasea*), was bisher nicht bekannt war.

Tiefe (Sublitoral), war bis 23 m (Tp. 7°; $O_2$-Gehalt 3,5 ccm) häufig, während sie in 40 m Tiefe (Tp. 6,1°, $O_2$-Gehalt 2,8 ccm) nur in vereinzelten Exemplaren auftrat. Ähnlich ist die *Pallasea*-verteilung im Enzigsee bei Nörenberg in Hinterpommern (Maximaltiefe 41 m), ebenfalls einem Tanytarsussee; untersucht am 24. VIII. 1926; unterhalb der Pflanzenzone in 12—30 m (30 m Tp. 6,7°, $O_2$-Gehalt 4,1 ccm) in Massen, in 35 m (Tp. 6,5°, $O_2$-Gehalt 3,7 ccm) nur ganz einzelne kleine Exemplare. Auch im Cummerower See (Maximaltiefe 17 m) lebt sie im Profundal im Sommer nur in geringer Zahl. Auf der gleichen Stufe steht im Dratzigsee die Heinrichsdorfer Bucht (25. VIII. 1926 25 m*, Tp. 5,8°, $O_2$-Gehalt 3,2 ccm),




Kurventafel 3: Temperatur- und Sauerstoffschichtung, sowie Pallaseaverteilung im Zarrentiner Becken des Schaalsees am 25. VIII. 1924. [Wagrecht schraffiert = Pallaseaverteilung nach (1) S. 179.]

die Bucht von Eichwerder (26. VIII. 1926 10 m*, Tp. 12,1°, $O_2$-Gehalt 2,3 ccm), der Sarebensee; im Schaalsee der Techiner Binnensee, Borgsee, Niendorffer Binnensee. Diese Seen leiten über zum

b) zweiten Typus, bei dem *Pallasea* in der Seetiefe gänzlich fehlt. Je nachdem, ob das Tier im Sommer überhaupt noch ins Profundal hinabsteigt oder gänzlich auf Litoral und Sublitoral beschränkt ist, lassen sich hier wieder 2 Gruppen von Seen unterscheiden.

Im Tollensesee bei Neubrandenburg (Maximaltiefe 33 m) meidet *Pallasea* nur die größte Tiefe; so war sie im August 1924 noch in 25—24 m Tiefe vorhanden [$O_2$-Minimum 2,75 ccm; vgl. (1), S. 430]; am 19. VIII. 1926 lebte sie in 20 m Tiefe (Tp. 9,3°; $O_2$-Gehalt 4,6 ccm); unter 25 m Tiefe fanden sich nur abgestorbene Exemplare; hier betrug der $O_2$-Gehalt 0,7—1,2 ccm (Tp. 7,5°).

Im Schaalsee waren in der Tiefe vor Bresahn, wo sich am 1. IX. 1926 in 24 m Tiefe ein mit *Beggiatoa*flocken ganz verfilzter Schlamm und ein Tiefenwasser mit nur 0,3 ccm $O_2$ (Tp. 8,4°) fand, alle *Pallasea* abgestorben, während sie in 15—10 m Tiefe hier lebten.

In allen übrigen Seen ist *Pallasea* streng auf Litoral und Sublitoral beschränkt. So im Soldiner See (Maximaltiefe 19,5 m), wo sie ihr Maximum in 4—5 m hat, vereinzelt in 2 m Tiefe und ins Sublitoral vordringt ($O_2$-Minimum ca. 4 ccm), im Pielburger See in Hinterpommern (Maximaltiefe 54 m; 5—10 m, d. h. unteres Litoral bis Sublitoral), im Uckersee bei Prenzlau (Maximaltiefe etwa 20 m), wo sie auf das Litoral (zwischen 3 und 5 m; vgl. Kurventafel 2) beschränkt ist. Auch in der Tempelburger Bucht des Dratzigsees („Scheddinsee"), einem echten Chironomussee, in dessen 18 m Tiefe am 28. VIII. 1926 keine Spur Sauerstoff vorhanden war, lebte *Pallasea* (ganz einzeln) nur in 3 m Tiefe. Von den Buchten des Schaalsees gehört der Kirchensee, Bernstorffer See, Dutzower See, Pipersee und Salemer See zu dieser Stufe.

Und schließlich kann in selbständigen, abgeschlossenen Buchten von *Pallasea*seen der Krebs überhaupt verschwinden. So haben wir ihn in der nördlichsten Bucht des Dratzigsees, der Klaushagener Bucht, einem echten Chironomussee mit 0,1 ccm $O_2$ in 11 m Tiefe, im August 1926 überhaupt nicht nachweisen können.

*Pallasea quadrispinosa* findet also in den norddeutschen Seen ihr Existenzoptimum bei einem $O_2$-Gehalt über 3,5 ccm pro Liter; sinkt der $O_2$-Gehalt unter diese Grenze bis gegen 2 ccm, so kann sie zwar noch leben, meidet aber solche Schichten, bzw. tritt in ihnen nur ganz spärlich auf. Wird sie von einem $O_2$-Schwund überrascht, der den $O_2$-Gehalt des Wassers unter 1 ccm pro Liter sinken läßt, so stirbt sie ab. Wird der $O_2$-Gehalt der Tiefe eines *Pallasea*sees bei der Reifung des Sees [vgl. (1), S. 409ff.] allmählich immer geringer, so zieht sich der Krebs aus der Tiefe schließlich bis ins Litoral zurück. Da *Pallasea* ursprünglich ein Ufertier ist, kann sie auch die hohen Temperaturen des Litorals leichter ertragen als *Pontoporeia* und *Mysis*. Berücksichtigt man weiter, daß nach unseren Untersuchungen das $O_2$-Minimum für *Pontoporeia* bei etwa 4,5 ccm, für *Mysis* bei 4 (bis 3) ccm, für *Pallasea* bei gut 2 ccm $O_2$ pro Liter liegt, so kann man verstehen, daß heutzutage in Norddeutschland noch — soweit bekannt — nur 3 Seen von *Pontoporeia*, dagegen 6 von *Mysis*[1]) und sogar 16 Seen[2]) von *Pallasea* besiedelt sind! Weitaus die meisten norddeutschen Seen sind ja seit der Eiszeit aus ursprünglich oligotrophen Tanytarsusseen zu eutrophen und damit im Hypolimnion sauerstoffarmen Chironomusseen geworden.

[1]) Dabei sind die drei Feldberg-Mysisseen als Einheit gerechnet, ebenso der Dratzigsee und Sarebensee.

[2]) Nach brieflicher Mitteilung von Dr. GERMERSHAUSEN, Stettin, lebt *Pallasea* auch im Papenziensee in Hinterpommern.

*Literatur.*

1. A. THIENEMANN, *Mysis relicta*. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. A: Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere **3**. 1925.
2. J. LUNDBECK, Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. Arch. f. Hydrobiol. Suppl-Bd. VII. 1926.
3. M. SAMTER und W. WELTNER, Biologische Eigentümlichkeiten der *Mysis relicta*, *Pallasiella quadrispinosa* und *Pontoporeia affinis*, erklärt aus ihrer eiszeitlichen Entstehung Zool. Anz. **27**. 1904.
4. SAMTER und WELTNER, Weitere Mitteilung über relikte Crustaceen in norddeutschen Seen. Zoolog. Anz. **25**. 1902.

# Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert.

Von F. RUTTNER, Lunz.

(Aus der Biologischen Station.)

## *1. Die Sauerstoffschichtung der Seen.*

Mit Recht hat in den letzten Jahren der Sauerstoffgehalt des Wassers unserer Seen, seine Verteilung nach der Tiefe hin und seine Veränderungen im Wechsel der Jahreszeiten die Aufmerksamkeit der Hydrographen und ganz besonders der den Problemen des Lebens in Binnengewässern nachgehenden Biologen auf sich gelenkt. Sind doch wenige Faktoren so wie dieser geeignet, ein Gewässer in seiner Eigenart zu charakterisieren. Durch die Atmung der Tiere und Pflanzen, durch die Fäulnis toter organischer Substanz, die langsam absinkend oder am Grunde des Sees lagernd der Zersetzung entgegen geht, nimmt die im Wasser gelöste Sauerstoffmenge ständig ab; diese Verluste werden jedoch in den oberen Wasserschichten durch Absorption aus der atmosphärischen Luft, durch die Sauerstoffproduktion der assimilierenden Pflanzen sowohl der Uferzone als auch des Planktons reichlich ausgeglichen. Ganz besonders der letztgenannte Vorgang ist es, welcher die hauptsächlichste Sauerstoffquelle unserer Seen bildet und meist eine Übersättigung des Wassers der gut durchleuchteten Schichten herbeiführt. In den dämmerigen oder lichtlosen Tiefen jedoch, wo eine Durchlüftung durch Pflanzen fehlt und die langsam wirkende Diffusion die Einbußen nicht mehr ausgleichen kann, überwiegt die Zehrung, und wir können daher im Tiefenwasser während der sommerlichen und winterlichen Ruheperioden einen allmählich zunehmenden Sauerstoffschwund feststellen. Je größer die Nährstoffmenge, je reicher das organische Leben des Sees ist, um so rascher wird dieser Prozeß fortschreiten und die Steilheit des Sauerstoffgefälles unterhalb der den Austausch mit den oberflächlichen Wassermassen verhindernden Temperatursprungschicht bildet geradezu ein Kriterium dafür, ob ein nahrungsreicher oder ein nahrungsarmer, ein eutropher oder oligotropher See vorliegt. Allerdings wird diese Abnahme des Sauerstoffs, die manchmal bis zum vollständigen Verschwinden desselben führen kann, nicht immer durch Atmungs- und Fäulnisprozesse, sondern in besonderen Fällen auch durch andere Oxydationsvorgänge (z. B. von Eisenoxydulcarbonat) verursacht.

Die durch diese Verhältnisse bedingte Schichtung im Sauerstoffgehalt der Seen wirkt besonders dort, wo sein Gefälle steil ist, also auf der Oberfläche des Schlammes und in den tiefen Wasserschichten vielfach auslesend auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften je nach dem Atmungsbedürfnis ihrer Komponenten, so daß es möglich wird, aus dem Charakter die Tiefenfauna eines Gewässers auch dessen Sauerstoffverhältnisse zu erschließen. Es ist das Verdienst THIENEMANNS, auf diese vielfältigen Beziehungen hingewiesen und eine reiche Literatur darüber angeregt zu haben.

Zur Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes wird fast durchwegs die titrimetrische Methode nach WINKLER verwendet und die gewonnenen Werte in Milligramm bzw. in Kubikzentimeter pro Liter angegeben. Neuerdings ist es jedoch üblich geworden, die Ergebnisse in „Sättigungsprozenten", d. h. in Prozenten derjenigen Sauerstoffmenge auszudrücken, welche die untersuchte Wasserprobe enthalten würde, wenn sie bei den Temperaturverhältnissen der Entnahme mit der atmosphärischen Luft in Diffusionsgleichgewicht stünde (wobei allerdings die bei jedem einigermaßen tiefen See sehr ins Gewicht fallenden Druckverhältnisse nicht berücksichtigt werden). Für rein hydrographische Studien mag ja diese Betrachtungsweise vielleicht von Vorteil sein, ob sie sich jedoch zur Beleuchtung biologischer Probleme eignet, soll im folgenden kurz erörtert werden.

Die Atmung der Organismen hängt bekanntlich nicht allein vom Sauerstoffgehalt, sondern in hohem Maße auch von der Temperatur ab und folgt in dieser Hinsicht der VAN 'THOFFschen Reaktionsgeschwindigkeit-Temperaturregel (RGT-Regel). Der Sauerstoffverbrauch wird somit bei einer Temperatursteigerung von 10° ungefähr verdoppelt[1]). Daher kann bei gleichem Sauerstoffgehalt in einem bestimmten Wasservolumen von z. B. 5° annähernd die doppelte Individuenzahl

[1]) SCHÄPERCLAUS (Untersuchungen über den Stoffwechsel, insbesondere die Atmung niederer Wassertiere. Zeitschr. f. Fischerei **23**. 1925), der die Steigerung der Atmungsintensität mit zunehmender Temperatur bei einigen Wassertieren untersucht hat, findet für $R_{10}$ Werte von ca. 1,4—1,65 anstatt 2—3, wie es sonst die Regel ist. Doch würde auch eine allgemeine Geltung dieses niedrigen Faktors für Wassertiere an dem Wesen der obigen Betrachtung nichts ändern.

noch ausreichend atmen als bei 15°, der respiratorische Wert ist in ersterem Falle 2mal so groß als in letzterem.

Geben wir nun den Sauerstoffgehalt eines Gewässers in Sättigungsprozenten an, so bringen wir ihn wohl ebenfalls in eine Abhängigkeit von der Temperatur, da ja das Lösungsvermögen des Wassers für Gase bei fallender Temperatur steigt. Doch ist diese Abhängigkeit jener der Atmung gerade entgegengesetzt. In Fig. 1 sind Sättigung und respiratorischer Wert eines Wassers, das den absoluten Sauerstoffgehalt von 10 mg im Liter aufweist und somit bei 15° gegen Luft „gesättigt" ist, für die Temperaturen von 5—25° eingetragen. Der respiratorische Wert bei 15° wurde willkürlich ebenfalls = 100 gesetzt. Die Gegenläufigkeit der beiden Linien geht aus der Zeichnung klar hervor: bei fallender Temperatur steigt der respiratorische Wert, während die Sättigung fällt.

Unsere tiefen Seen weisen nun von der Oberfläche bis zum Grunde ein Temperaturgefälle auf,

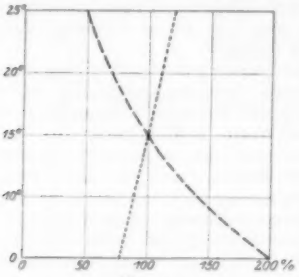



Fig. 1.
····· Sättigung. ---- Respiratorischer Wert.

das während des Sommers 15 und mehr Grade betragen kann. Es ist nun einleuchtend, daß diese Temperaturschichtung von größtem Einfluß auf den respiratorischen Wert des Mediums sein und den Tieren der kühlen Tiefenregion bei gleichem Sauerstoffgehalt viel günstigere Atmungsverhältnisse bieten muß als jenen der oberen Wasserschichten. Ein Beispiel aus dem Lunzer Untersee möge dies illustrieren (Fig. 2; respiratorischer Wert wiederum bei 10 Litermilligrammen und 15° = 100).

Das Temperaturgefälle zeigt den für die Sommerstagnation üblichen Verlauf mit einer Differenz von 12,6° und einer deutlichen Sprungschicht zwischen 10 und 15 m. Die absoluten Sauerstoffwerte ändern sich bis 15 m nur wenig und fallen dann mit zunehmender Steilheit gegen den Grund hin ab. Unter dem Einfluß der Temperaturabnahme verläuft die Sättigungskurve noch schräger (von 102 auf 45%), während die Kurve des respiratorischen Wertes rasch ansteigt, um zwischen 15 und 25 m ein mächtiges Maximum zu erreichen und erst in den größten Tiefen rasch abzusinken. Doch ist, trotz der starken Sauerstoffabnahme, auch der unmittelbar über dem Grunde erreichte Wert wesentlich höher als jener der Oberfläche (120 : 85).

Aus diesem Beispiel geht wohl eindeutig hervor, daß die Angabe des Sauerstoffgehaltes in Sättigungprozenten ein völlig unzutreffendes Bild der biologischen Bedeutung dieses Faktors entwirft. Wenn es sich darum handelt, das Wasser eines Sees als Atmungsmilieu für dessen Tierwelt zu beurteilen, dürfte es sich empfehlen, an Stelle der Sättigung neben den absoluten Sauerstoffzahlen die durch die Temperaturverhältnisse bedingten respiratorischen Werte zu ermitteln.

*2. Der respiratorische Wert rasch fließenden Wassers.*

Anhangsweise sei noch kurz auf eine andere Erscheinung hingewiesen, die in fließenden Gewässern zutage tritt und die ebenfalls eine Beeinflussung des Atmungsmilieus ganz unabhängig vom Sauerstoffgehalt erkennen läßt. Stellen reißender Strömung zeichnen sich in Gebirgs-

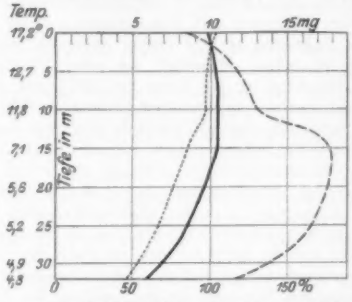



Fig. 2. Sauerstoffverteilung im Lunzer Untersee.
— Milligramme im Liter. ····· Sättigung.
---- Respiratorischer Wert.

bächen im Gegensatz zu dem ruhigeren Wasser ober- und unterhalb häufig durch ein auffallend üppig entwickeltes Tier- und Pflanzenleben aus, in welchem an niedere Temperaturen angepaßte, äußerst sauerstoffbedürftige Arten vorherrschen. Die Vermutung liegt nahe und ist auch wiederholt geäußert worden, daß diese Biotope des schießenden und strudelnden Wassers einen besonders hohen Sauerstoffgehalt aufweisen und die reiche und eigenartige Organismenwelt auf diesen Umstand zurückzuführen sein dürfte. Analysen zeigen jedoch, daß diese Voraussetzung durchaus nicht zutrifft. Der Sauerstoffgehalt ist dort keineswegs höher, ja man kann vielfach an den untersten Stufen eines Wasserfalles geringere Werte feststellen als oberhalb. Wasserfälle und Schnellen, in denen rasch bewegtes Wasser in innigste Berührung mit der Luft kommt, sind eben Orte des Ausgleiches, wo das irgendwie gestörte Diffusionsgleichgewicht gegen die Atmosphäre wieder hergestellt und die den herrschenden Temperatur- und Druckverhältnissen entsprechende Sättigung erreicht wird, mag nun das Wasser vorher durch Stoffwechselvorgänge des Pflanzen- und Tier-

lebens über- oder untersättigt gewesen sein. So gelangen in Seen und Teichen mit reichlicher Pflanzenentwicklung vielfach weit höhere Sauerstoffwerte zur Beobachtung als in schnell bewegten Bächen.

Das reiche Leben der Schnellen muß daher auf die Wirkung eines anderen Faktors zurückgeführt werden und dieser kann, da in allen anderen Bedingungen eine Veränderung nicht festzustellen ist, nur in der spezifischen Wirkung der Strömung gesucht werden. Der Sauerstoff wird wie die Nährsalze von den Organismen, die im Wasser leben, osmotisch aus der nächsten Umgebung, zunächst also aus dem an ihrer Oberfläche adhäsiv festgehaltenen Wasser aufgenommen. An ruhigen oder nur schwach bewegten Örtlichkeiten kann der Nachschub aus dem weiteren Umkreise nur auf dem Wege der langsamen Diffusion erfolgen, ein Vorgang, der zur Entstehung von sauerstoff- und nahrungsarmen Höfen um jedes Individuum führen muß. Je rascher jedoch die Strömung ist, um so wirksamer werden diese Höfe abgespült und die unmittelbare Oberfläche des Tieres oder der Pflanze mit noch unverbrauchten Wasserteilchen in Berührung gebracht. Rasch strömendes Wasser ist somit *physiologisch* an Sauerstoff und an Nährstoffen reicher als ruhiges vom selben Gehalt und wir dürften nicht fehl gehen, wenn wir die Überfülle des Lebens, das uns an stark bewegten Stellen der sonst nahrungsarmen Gebirgsbäche entgegentritt, auf diesen Umstand zurückzuführen suchen.

---

# Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (Oktober 1925 bis Oktober 1926).

## Allgemeiner Bericht.

Die leichte Besserung in der wirtschaftlichen Lage des deutschen Vaterlandes machte sich auch in der Vertieferung und Erweiterung der Arbeiten der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft bemerkbar, wenn auch zu betonen ist, daß noch erhebliche Anstrengungen erforderlich sein werden, um den Vorsprung der ausländischen Forschung einzuholen bzw. die Institute auf ihrer wissenschaftlichen Höhe zu halten.

Der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft ist es gelungen, unbeschadet der Konsolidierung der bereits bestehenden Institute, neue Institute zu schaffen bzw. einzelne Institute zu erweitern.

Mit Mitteln der Gesellschaft und mit tatkräftiger Unterstützung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft sowie der Deutschen Keramischen Gesellschaft wurde in freigewordenen Räumen des Kaiser Wilhelm-Institutes für Faserstoffchemie das Kaiser Wilhelm-Institut für *Silicatforschung* unter Leitung des Professors Dr. EITEL gegründet. Als wissenschaftliche Mitglieder wurden die Herren WEIDERT und MARK berufen. Es besteht begründete Aussicht, daß auch die an den Arbeiten des Instituts erheblich interessierte Zement-Industrie sich an der Aufbringung der Mittel beteiligen wird. Das Institut hat naturgemäß das erste halbe Jahr zu Einrichtungsarbeiten und Umbauten verwandt. Trotzdem konnte eine Reihe von Arbeiten in Angriff genommen werden.

Dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie wurde eine Abteilung für *Tabakforschung* angegliedert, deren Leitung Professor Dr. C. NEUBERG übernommen hat. Im Einvernehmen mit den hieran interessierten Ministerien des Reiches und der Länder sollen in dieser Abteilung Untersuchungen über die Biochemie des Tabaks ausgeführt werden. Dabei ist eine Zusammenarbeit mit der besonders für die Tabakforschung in Baden zu errichtenden Anstalt in Aussicht genommen.

Dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie wurde eine *Gastabteilung für ausländische Gelehrte*, und zwar in verfügbaren Räumen des Kaiser Wilhelm-Institutes für experimentelle Therapie angeschlossen. Als erster ausländischer Gelehrter wurde der dänische Krebsforscher Dr. A. FISCHER aus Kopenhagen berufen. Die in Angriff genommenen Arbeiten betreffen Untersuchungen über die normale und pathologische Physiologie der Gewebszellen, wobei hauptsächlich neue technische Hilfsmittel angewandt werden, vor allem die Züchtung von Geweben außerhalb des Organismus.

Die Einrichtung dieser Abteilung stellt den Beginn der Verwirklichung des seit längerer Zeit gehegten Gedankens der Berufung ausländischer Forscher in größerer Zahl zur Mitwirkung bei den Arbeiten der Gesellschaft dar.

In Verfolg der vielfachen Anregungen, auch die Geisteswissenschaften zu pflegen, wurde neben dem bereits bestehenden Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht ein Institut für *internationales und ausländisches Privatrecht* unter Leitung des Geh. Justizrats Prof. Dr. RABEL geschaffen. Die Herren Professoren Geh. Justizrat Dr. ERNST HEYMANN, Dr. TITZE und Dr. MARTIN WOLFF stehen Herrn Geheimrat RABEL als wissenschaftliche Berater zur Seite. An der Aufbringung der Mittel für dieses neu errichtete Institut sind Preußen und verschiedene Kreise der Wirtschaft beteiligt. Das Institut für internationales Privatrecht ist mit seiner Einrichtung beschäftigt und hat seine Arbeiten noch nicht aufgenommen. Geh. Justizrat Prof. Dr. RABEL ist vor kurzem von der Internationalen Vereinigung für vergleichende Rechtswissenschaft und Volkswirtschaftslehre zum 1. Vorsitzenden gewählt worden.

In München wurde das Forschungsinstitut für Wasserbau und Wasserkraft gegründet, an welchem die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft maßgebend beteiligt ist.

Aus der Verwaltung der Institute der Gesellschaft ist zu berichten, daß der 2. Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Biologie*, Professor Dr. GOLDSCHMIDT, gegen Ende Oktober 1926 aus Japan, wohin er von der japanischen Regierung berufen worden war, zurückerwartet wird. Der 1. Direktor des Institutes, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. CORRENS, wurde von der Amerikanischen Botanischen Gesellschaft zum korrespondierenden Mitglied gewählt. Zur Erweiterung des Versuchsfeldes des Institutes wurde in nächster Nähe ein Grundstück gepachtet und die Gewächshausanlage erweitert. Professor Dr. HARTMANN setzte im Herbst 1925 und im Frühjahr 1926 seine Untersuchungen über relative Sexualität in Neapel fort. Ferner beschäftigte er sich mit Versuchen zum Todproblem. Der Assistent der Abteilung HARTMANN,

Privatdozent Dr. JOLLOS, ist im April 1926 einem Rufe als ordentlicher Professor der Zoologie an die Universität Kairo gefolgt; für ihn ist Dr. HÄMMERLING eingetreten. Professor Dr. WARBURG wurde von einem unbekannten Gönner 10 000 Mk. zur Unterstützung seiner Arbeiten überwiesen.

Das wissenschaftliche Mitglied des Kaiser Wilhelm-Institutes *für experimentelle Therapie*, Geheimer Medizinalrat Professor Dr. FICKER, wurde auf weitere 2 Jahre nach Brasilien beurlaubt. Er setzt dort seine Arbeiten an einer Forschungsstelle für Mikrobiologie der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Sao Paulo fort. Das Kaiser Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie selbst wird weiter von dem Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für Biochemie, Professor Dr. NEUBERG, kommissarisch verwaltet.

Der bisherige hochverdiente Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Arbeitsphysiologie*, Geheimer Obermedizinalrat Professor Dr. RUBNER, der das Institut eingerichtet und von Anfang an geleitet hat, trat auf seinen Wunsch von dieser Stellung zurück. Zu seinem Nachfolger wurde Professor Dr. ATZLER ernannt, nachdem dieser einen Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Greifswald abgelehnt hatte. Professor ATZLER wurde ferner zum Honorarprofessor an der Technischen Hochschule in Charlottenburg ernannt und erhielt einen Lehrauftrag für physiologische Chemie und Arbeitshygiene. Geheimrat RUBNER bleibt dem Institut als wissenschaftliches Ehrenmitglied erhalten. Das Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie war auf der Gesolei in Düsseldorf durch eine Sonderausstellung über Arbeitsphysiologie vertreten. Auf 30 übersichtlichen Tafeln wie auch an Hand einer großen Zahl bewegbarer und unbewegbarer Figuren und Apparate wurden die Aufgaben und Methoden dieser jungen und erfolgreichen Wissenschaft dargestellt. Außerdem beteiligt sich das Institut an einer vom Internationalen Arbeitsamt in Genf veranstalteten Enquête über das Problem des Lasttragens.

Dem Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Hirnforschung*, Professor Dr. O. VOGT, verlieh die Gesellschaft deutscher Nervenärzte die Erb-Medaille.

Die Deutsche Forschungsanstalt für *Psychiatrie* in München erlitt durch den am 7. Oktober 1926 erfolgten Tod ihres Direktors, Geheimen Hofrats Professors Dr. KRAEPELIN, einen unersetzlichen Verlust. Den Anstrengungen des Entschlafenen ist es in erster Linie zu danken daß die Aussichten der Anstalt, ein eigenes Heim zu errichten, im verflossenen Jahr der Verwirklichung nähergerückt sind. Die Rockefeller-Stiftung in New York hat die Summe von 250 000 Dollar für den Neubau bewilligt unter der Bedingung, daß der noch fehlende Teil der Bausumme aufgebracht und die Betriebskosten der Forschungsanstalt gesichert sind. Es besteht die Hoffnung, daß diese Bedingungen bald erfüllt werden können, sodaß der Bau im Frühjahr 1927 in Angriff genommen werden kann. Aus Mitteln, welche die bayerischen Kreise zur Verfügung gestellt haben, wurde eine Professur bei den Heil- und Pflegeanstalten EGLFING und HAAR seitens der Forschungsanstalt errichtet, die der Leitung von Dr. KARL NEUBÜRGER unterstellt wurde.

Der verdienstvolle Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Chemie*, Professor Dr. STOCK, folgte zum Bedauern der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft einem Ruf als Ordinarius und Direktor des Chemischen Institutes der Technischen Hochschule Karlsruhe. Er verläßt seine bisherige Stellung am 1. Oktober 1926. Der Leiter der Organischen Abteilung des Institutes, Professor Dr. KURT HESS, wurde von der philosophischen Fakultät der Universität Berlin als Privatdozent für das Fach der Chemie zugelassen. Dem Institut wurden auch im Berichtsjahre wertvolle Unterstützungen zuteil, so besonders seitens der Badischen Anilin- und Sodafabrik, der Bayerischen Stickstoffwerke, der Chemischen Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering) und der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Von den Arbeiten der einzelnen Abteilungen des Kaiser Wilhelm-Institutes für *physikalische Chemie und Elektrochemie* ist folgendes zu berichten:

Die Untersuchungen über das Vorkommen von Gold und Silber im Meerwasser, die durch Jahre hindurch in erheblichem Umfange gefördert worden sind, stehen vor ihrem Abschlusse und werden nunmehr in einer Reihe von Mitteilungen publiziert werden. Es hat sich herausgestellt, daß die Fülle der darüber in der Literatur vorliegenden Angaben, nach denen ein Goldreichtum von mehreren Milligrammen im Kubikmeter Meerwasser bestehen soll, auf fehlerhafte Bestimmungen zurückgehen. Hier und da kommt aus speziellen Gründen der Fall vor, daß man in einer Wasserprobe einen Goldgehalt auffindet, der auf das sehr viel größere Volumen eines Kubikmeters umgerechnet, ganzen Milligrammen entspricht. Ganz überwältigend häufig aber und deswegen als der allein wichtige Normalfall anzusehen, zeigen sich tausendmal kleinere Gehalte, die für die Bearbeitung wirtschaftlich in keinem Falle in Frage kommen können. Die Beträge stehen an der Grenze dessen, was man mit analytischen Methoden eben noch erfassen kann.

Die Tätigkeit der kolloidchemischen Abteilung für das nächste Jahr ist im wesentlichen durch den Inhalt der Veröffentlichungen vorgezeichnet, die in dem Verzeichnis enthalten und in Fortführung begriffen sind. Das in außerordentlich lebhafter Entwicklung begriffene Gebiet der Kolloidchemie wird in näherer Zeit durch eine erweiterte Neuauflage des FREUNDLICHschen Lehrbuches wieder eine zusammenfassende Darstellung erfahren.

In der physikalischen Abteilung des Herrn Dr. LADENBURG werden die elektro- und magnetooptischen Gesichtspunkte, die in neuerer Zeit als wichtige Fragestellungen aus der Quantentheorie sich ergeben, in Fortsetzung der im Publikationsverzeichnis mitgeteilten Arbeiten weiter geprüft.

In der Abteilung des Herrn Dr. POLANYI tritt zu den Untersuchungen, die über den Zusammenhang von Reaktionskinetik und Luminescenz ausgeführt werden, als ein Gegenstand neuen Interesses die Herstellung molekularer Gemenge mit Hilfe von Molekülstrahlen und die Untersuchung der Eigenschaften dieser Gemenge. Dabei sollen auch die neuen Wege zur Erforschung heterogener Reaktionen ausgebaut werden. Untersuchungen, auf die in einer Mitteilung dieses Heftes näher hingewiesen wird.

Der Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für *Kohlenforschung in Mülheim* a. d. Ruhr, Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. FRANZ FISCHER, unternahm eine längere Studienreise nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika, auf der er Gelegenheit hatte, die dortige Industrie und die wissenschaftlichen Forschungsstätten eingehend kennenzulernen.

Dem *Schlesischen Kohlenforschungsinstitut* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, begründet von der Fritz v. Friedländer-Fuld-Stiftung, in Breslau war es möglich, dank der Unterstützung der schlesischen Kohlenindustrie einen neuen Laboratoriumsbau aufzuführen und in Gebrauch zu nehmen.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für *Eisenforschung* in Düsseldorf beteiligt sich an der Gemeinschaftsarbeit

der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft im Bereiche der nationalen Wirtschaft, der Volksgesundheit und des Volkswohles.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für *Metallforschung* stand im Berichtsjahr im Zeichen einer weiteren Aufwärtsentwicklung. Infolge der kostenlosen Überlassung wertvoller Apparate durch die Firma R. Seiffert (Hochleistungsröntgenanlage), C. Reichert, Wien (Metallographische Einrichtung), Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin (Hochspannungsanlagen), Losenhausen, Düsseldorf (Härteprüfmaschine), Hirsch-Kupfer- und Messingwerke, Eberswalde (Bearbeitungsmaschinen) mußte das Institut räumlich erweitert werden, wobei ihm das Staatliche Materialprüfungsamt behilflich war. Mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und mit Hilfe größerer Materialstiftungen einiger Firmen des Zentralwalzwerksverbandes konnten die planmäßigen Untersuchungen in beabsichtigtem Umfange durchgeführt werden. Der Abteilungsleiter Dr. E. Schiebold folgte einem Ruf als planmäßiger außerordentlicher Professor an die Universität Leipzig.

Der Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für *Faserstoffchemie*, Professor Dr. Herzog, folgte einer Einladung der McGill University in Montreal und machte während der Monate Mai und Juni eine Studienreise nach Canada, die ihn auch nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika führte. Privatdozent Dr. Mark trat am 1. April 1926 als wissenschaftliches Mitglied zum Kaiser Wilhelm-Institut für Silicatforschung über.

Dem Kaiser Wilhelm-Institut für *Lederforschung* in Dresden wurden für die Arbeiten auf dem Gebiet der Eiweißchemie zweimal namhafte Beihilfen durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft bewilligt. Ferner hat das Institut je eine außerordentliche Spende seitens des Sächsischen Staates und des Rates der Stadt Dresden erhalten.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für *Strömungsforschung* in Göttingen hat die im vorigen Jahr eingeweihte neue Abteilung in ihrer technischen Einrichtung vervollkommnet. An einigen Stellen ist schon mit der Forschungsarbeit begonnen worden. Die Aerodynamische Versuchsanstalt war dauernd stark beschäftigt und hat deshalb auch im Berichtsjahr ihr Personal weiter vermehren müssen. Sie ist dabei dank der Unterstützung durch das Reichsverkehrsministerium in der Lage gewesen, sich etwas mehr der eigentlichen Forschung zu widmen, als dies früher der Fall war. Aus Mitteln, die das Reichsverkehrsministerium zur Verfügung gestellt hat, ist zur Zeit der Bau eines neuen etwas kleineren Windkanals mit besonders großer Geschwindigkeit, speziell für Luftschrauben-Untersuchungen begonnen worden.

Das Institut für *ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht* hat sich seit seiner Eröffnung im Januar 1925 vor allem bemüht, das zu rechtsvergleichender Arbeit unentbehrliche Rüstzeug, eine Bücherei des ausländischen öffentlichen Rechts und Völkerrechts zusammenzutragen. Erst als seit Ende 1925 Mittel aus dem Reichshaushalt zur Verfügung gestellt wurden, konnte dies in größerem Maße geschehen. Bei einer Zählung im September d. J. wurde im Berliner Institut ein Gesamtbestand von 20 646 Bänden festgestellt. Hiervon verdankt das Institut 2281 Bände der Vermittlung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, während 381 Bände von anderer Seite zugewendet wurden. 344 Zeitschriften gehen laufend beim Institut ein. Auch die Zweigstelle Trier, deren Aufgabe es ist, das Recht der besetzten Gebiete und Fragen des Staatskirchenrechts zu bearbeiten, hat sich vor allem die Sammlung des einschlägigen Schrifttums — etwa 2500 Bände — angelegen sein lassen.

In der *Hydrobiologischen Anstalt* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Plön konnte eine limno-chemische Abteilung eingerichtet werden. Die in diesem Sommer begonnenen chemischen Untersuchungen werden nach biologischen Gesichtspunkten ausgeführt, sind also nicht, wie die meisten älteren Untersuchungen, als mehr oder minder vollständige Gesamtanalyse aller Salze und Gase der Seen bzw. ihres Schlammes gedacht, sondern sollen möglichst eingehend diejenigen Stoffe berücksichtigen, die die Entwicklung des Phytoplanktons als der Urnahrung im See, entscheidend beeinflussen. Die Mitglieder der Deutschen Zoologischen Gesellschaft besuchten gelegentlich ihrer Tagung im Frühjahr des Jahres die Anstalt, ebenso die Faunistische Arbeitsgemeinschaft für Schleswig-Holstein. Die Laboratoriumsräume wurden durch Einbeziehung eines Hofes und durch Umkonstruktion des Dachgeschosses erweitert.

Den Vorsitz im Kuratorium der *Biologischen Station Lunz* übernahm der 1. Vizepräsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, a. o. Gesandter und bevollmächtigter Minister Dr.Dr. Krupp v. Bohlen und Halbach. Der Leiter der Station, Dr. Ruttner, wurde als Privatdozent an der Universität Wien zugelassen.

Die *Vogelwarte Rossitten* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft konnte am 1. Juni 1926 auf ein 25jähriges Bestehen zurückblicken. An diesem Tage wurde eine kleine Feier veranstaltet, welche besonders aus der Provinz Ostpreußen stark besucht war.

Der Leiter des *Deutschen Entomologischen Museums* der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Dr. W. Horn, wurde von der Chilenischen Akademie der Wissenschaften in Santiago, der Entomologischen Gesellschaft in Chile und der Entomologischen Gesellschaft von Argentinien zum korrespondierenden Mitglied ernannt.

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft konnte ihre Aufgaben im verflossenen Jahr nur erfüllen, weil sie getragen wurde, abgesehen von weiten Kreisen des deutschen Volkes und der deutschen Wirtschaft in Stadt und Land, durch das Wohlwollen des Reiches und der Länder, vor allem Preußens und seiner Provinzen, sowie der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. Es ist eine angenehme Pflicht, diesen Stellen, einschließlich des Reichstages und des Preußischen Landtages, für die tatkräftige Förderung herzlichen Dank zu sagen. Unter den großen Zuwendungen sei besonders des umfangreichen und wertvollen Baugeländes gedacht, welches der Preußische Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung der Gesellschaft neuerdings zur Verfügung gestellt hat.

Es ist beabsichtigt, auf diesem Gelände ein Kaiser Wilhelm-Institut für *Anthropologie, menschliche Erblichkeitslehre und Eugenik* zu errichten, für dessen Leitung Professor Dr. Eugen Fischer in Freiburg gewonnen wurde. Da Deutschland auf dem Gebiete dieser Wissenszweige stark hinter dem Ausland zurückgeblieben ist, erscheint die Gründung dieses Institutes für dessen Errichtung teilweise private Spenden zur Verfügung stehen, besonders wichtig. Es ist zu hoffen, daß auch dieser Plan eine finanzielle Förderung insbesondere von seiten des Reiches erfahren wird.

Außerdem beabsichtigt die Gesellschaft ein *Institut zur Aufnahme ausländischer Gäste* in Dahlem zu errichten. Durch den bisherigen Raummangel in den bestehenden Instituten ist die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft gehindert worden, ausländische Forscher in größerer Anzahl als Gäste bei sich zu begrüßen, während den Gelehrten der Gesellschaft im Auslande großzügige

Gastfreundschaft gewährt wurde. Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft hofft, durch die Einrichtung von Gastplätzen zugleich einen praktischen Weg zur internationalen wissenschaftlichen Zusammenarbeit und damit auch zur wissenschaftlichen Verständigung unter den Völkern zu beschreiten.

Die Zahl der Mitglieder der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft betrug am 1. Oktober 1926: 445. In dieser Zahl sind die Direktoren der Kaiser Wilhelm-Institute und die wissenschaftlichen Mitglieder der Gesellschaft enthalten. Die Generalverwaltung der Gesellschaft ist bemüht, mehr als bisher die persönliche Fühlungnahme mit den Mitgliedern zu pflegen. Sie hofft auf diesem Wege die einzelnen Mitglieder zur Mitarbeit an den Bestrebungen der Gesellschaft heranzuziehen und auch neue Mitglieder zu werben.

Die Kaiser Wilhelm-Institute wurden im Laufe des Sommers durch Mitglieder des Reichstages, des Preußischen Landtages und durch Vertreter der Presse besichtigt. Solche Besuche sind neben denen von in- und ausländischen Gelehrten sehr willkommen, und die Gesellschaft wird ihrerseits alles tun, um sie zu fördern.

Einen besonders schmerzlichen Verlust hat die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in diesem Jahre durch den Tod ihres Ehrensenators Exzellenz v. Valentini und ihres Senators Exzellenz v. Möller erlitten, gehörten doch beide Herren zu den Gründern und besonders treuen Gönnern der Gesellschaft. Auch eine Zahl verdienter Mitglieder wurde der Gesellschaft durch den Tod entrissen. Es sind dies die Herren: Kommerzienrat Goldschmidt, Kommerzienrat Monforts, Geheimrat Peill, Kommerzienrat Röchling und Kommerzienrat Schlikker. Die Gesellschaft wird sie nicht vergessen.

Zu Senatoren wurden gewählt bzw. ernannt die Herren Generaldirektor der Preußischen Staatsbibliothek Professor Dr. Krüss, Leiter der Geschäftsstelle der Vereinigten Preußischen Provinzen Ministerialrat a. D. Dr. Moll, Präsident des Deutschen und Preußischen Städtetages Ministerialdirektor a. D. Dr.Dr. Mulert und Päpstlicher Hausprälat Professor D.Dr. Schreiber, M.d.R.

Der bisherige Rechnungsdirektor der Generalverwaltung, Herr Arndt, wurde zum Bureaudirektor ernannt.

In den Verwaltungsausschuß traten als 2. Schriftführer Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Planck, als 3. Schriftführer Generaldirektor Professor Dr. Krüss und als 3. Schatzmeister Generaldirektor Dr. Vögler ein.

Der Senat der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft trat in dem Berichtsjahr zweimal zusammen. Am 8. Dezember 1925 fand die 13. Hauptversammlung der Gesellschaft statt. Hierbei hielt der Senator der Gesellschaft, o. Professor Dr. Konen aus Bonn, einen Vortrag über das Thema: „Entwicklung und Aufgaben des Systems der Wellenlängennormalen." Auf Beschluß des Senats wurde die Adolf-Harnack-Medaille erstmalig dem Präsidenten der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft verliehen und gelegentlich der Hauptversammlung durch den 2. Vizepräsidenten Exzellenz Dr.Dr. Schmidt-Ott überreicht.

Auch im kommenden Winter wird die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft wiederum eine Reihe von Vorträgen veranstalten. Es werden sprechen: Wirklicher Geheimer Rat Professor D.Dr. v. Harnack, Präsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, über: „Was gab der christlichen Religion über die anderen Religionen im römischen Reich den Sieg?" Professor Dr. Neuberg, Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für Biochemie, über: „Von den Leistungen der Mikroorganismen im Dienste der Menschen." Professor Dr. Spielmeyer, Wissenschaftliches Mitglied der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser Wilhelm-Institut), über: „Die Bedeutung der Kreislaufstörungen für die Entstehung von Gehirnkrankheiten." Professor Dr. Lise Meitner, Wissenschaftliches Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie: „Über den Bau des Atominnern." Professor Dr. Bruns, Direktor des Instituts für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, über: „Das moderne Völkerrecht."

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft glaubt auf das vergangene Jahr mit Befriedigung zurücksehen zu dürfen, als auf ein Jahr der ernsten Arbeit. Es galt, die bereits bestehenden Forschungsinstitute zu erhalten und auszubauen, aber auch für die Bearbeitung neuer, nach den langen Jahren des Stillstandes in Fülle auftauchender Probleme geeignete Forscher zu finden und ihnen würdige Wirkungsstätten zu schaffen. Dieser ihrer Aufgabe mit eigenen Kräften, aber auch vor allem unterstützt durch die tatkräftige Hilfe ihrer bisherigen Gönner weiter zu dienen, wird die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft auch im kommenden Jahr bestrebt sein, um dadurch mitzuhelfen, der deutschen Wissenschaft ihren Platz in der Welt wieder zu erobern und zu behaupten. v. Harnack. Glum.

## Berichte aus den einzelnen Instituten.

### Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem.

1. Direktor: Carl Correns.
2. Direktor: Richard Goldschmidt.

Wissenschaftliche Mitglieder: Max Hartmann, Otto Warburg, Otto Mangold, Otto Meyerhof.

Wissenschaftlicher Gast: Albert Fischer.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 40.

*Veröffentlichungen:* **1.** C. Correns, Genetische Untersuchungen an Lamium amplexicaule, I. Biol. Zentralbl. **46**, H. 2, S. 65; Über Fragen der Geschlechtsbestimmung bei höheren Pflanzen. Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre **41**, H. 1, S. 5—40.; Merkmal und Erbanlage (Jpomoea imperialis reduplicata). Naturwissenschaften **14**, 431; Die neuen Vererbungsgesetze, unver. Neudruck d. Ausgabe von 1912. — Kihara, Über die Chromosomenverhältnisse bei Fragaria elatior. Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre **41**, H. 1, S. 41. — Koi Noda, Über die Chromosomen von Rumex scutatus. Japanese Journ. of botany **3**, 21—24. — **2.** R. Goldschmidt, Bemerkungen über triploide Intersexe. Biol. Zentralbl. **45**, H. 9, 1925; Nachweis der homogametischen Beschaffenheit von Geschlechtsumwandlungsmännchen. Biol. Zentralbl. **46**, H. 4. 1926; Bemerkungen zum Problem der Geschlechtsbestimmung bei Bonellia. Biol. Zentralbl. **46**, H. 8. — Peterfi und Olivo, Ricerche di microdissectione su cellule somatiche coltivate in vitro. Cpt. rend. de l'ass. des anat. 1925. — Peterfi und Wamoscher, Die Isolierung von Bakterien im Dunkelfeld. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. **106**, 1. 1926. — **3.** M. Hartmann, Über relative Sexualität bei Ectocarpus siliculosus. Naturwissenschaften **13**, H. 49/50; Aufgaben, Ziele und Wege der allgemeinen Biologie. Klin. Wochenschr. 1925, Nr. 49; Über experimentelle Unsterblichkeit von Protozoenindividuen. Naturwissenschaften **14**. 1926; Haltung und Zucht der Honigbiene. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abtlg. 9, Liefg. 207. — V. Jollos, Untersuchungen über die Sexualitäts-

verhältnisse von Dasycladus clavaeformis. Biol. Zentralbl. **46**. 1926. — K. Bělar, Der Chromosomenbestand der Melandriumzwitter. Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre **39**. 1925; Zur Cytologie von Aggregata eberthi. Arch. f. Protistenkunde **53**. 1926; Der Formwechsel der Protistenkerne. Ergebn. u. Fortschr. d. Zoologie **6**. 1926. — A. Luntz, Untersuchungen über den Generationswechsel der Rotatorien, Teil I. Biol. Zentralbl. **46**. 1926. — **4.** O. Warburg, Manometrische Messung des Zellstoffwechsels in Serum. Biochem. Zeitschr. **164**, 481. 1925; Über die Wirkung der Blausäure auf die alkoholische Gärung. Biochem. Zeitschr. **165**, 196. 1925; Über die Wirkung von Blausäureäthylester auf die Pasteursche Reaktion. Biochem. Zeitschr. **172**, 432. 1926; Über die Assimilation der Kohlensäure. Biochem. Zeitschr. **166**, 386. 1925; Über die Wirkung von Kohlenoxyd und Licht auf den Stoffwechsel der Hefe. Naturwissenschaften **14**, H. 32, 1926; Über den Stoffwechsel der Tumoren. Berlin: Julius Springer 1926; Über die Oxydation der Oxalsäure durch Jodsäure. Biochem. Zeitschr. **174**, 497. 1926; Über künstliche Mineralwässer. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 16. 1926. — O. Warburg, F. Wind, E. Negelein, Über den Stoffwechsel der Tumoren im Körper. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 19. 1926. — O. Stahl, O. Warburg, Über Milchsäuregärung eines menschlichen Blasencarcinoms. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 27. 1926. — E. Negelein, Über die glykolytische Wirkung des embryonalen Gewebes. Biochem. Zeitschr. **165**, 122. 1925; Über die Wirkung des Schwefelwasserstoffs auf chemische Vorgänge in Zellen. Biochem. Zeitschr. **165**, 203. 1925. — F. Wind, Versuche mit explantiertem Rous-Sarkom. Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 30. 1926. — S. Toda, Über die Oxydation der Oxalsäure durch Jodsäure. Biochem. Zeitschr. **171**, 231. 1926; Über die Wirkung von Blausäureäthylester auf Schwermetallkatalysen. Biochem. Zeitschr. **172**, 17. 1926; Über Wasserstoffaktivierung durch Eisen. Biochem. Zeitschr. **172**, 34. 1926. — M. Yabusoe, Über Hemmung der Tumorglykolyse durch Anilinfarbstoffe. Biochem. Zeitschr. **168**, 227. 1926. — **5.** O. Mangold, Hauptprobleme der Entwicklungsmechanik. Verhandl. d. dtsch. zool. Ges. 1925. — V. Hamburger, Versuche über Komplementärfarben bei Ellritzen (Phoxinus laevis). Zeitschr. f. wiss. Biol. Abt. C: Zeitschr. f. vergl. Physiol. **4**, H. 2. 1926 (nach Experimenten, die im Zoolog. Instit. Göttingen ausgeführt wurden). — F. Seidel, Die Determinierung der Keimanlage bei Insekten, I. Biol. Zentralbl. **46**. 1926 (nach hier ausgeführten Experimenten). — **6.** O. Meyerhof, Über die enzymatische Milchsäurebildung im Muskelextrakt, I. Biochem. Zeitschr. **178**, 395. 1926 (vorläufige Mitteilg. Naturwissenschaften **14**, 197); Über die enzymatische Milchsäurebildung im Muskelextrakt. II. Spaltung der Polysaccharide. Biochem. Zeitschr. **178**, 462. 1926 (vorläuf. Mitteilg. Naturwissenschaften **14**, 756); Thermodynamik des Lebensprozesses. Handbuch der Physik Bd. XI, S. 238. — O. Meyerhof und K. Lohmann, Über den zeitlichen Zusammenhang von Kontraktion und Milchsäurebildung im Muskel. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **210**, H. 6, S. 790. 1925; Über die Vorgänge bei der Muskelermüdung. Biochem. Zeitschr. **168**, 128. 1926; Über Atmung und Kohlenhydratumsatz tierischer Gewebe. I. Milchsäurebildung und Milchsäureschwund in tierischen Geweben. Biochem. Zeitschr. **171**, 381. 1926; Über Atmung und Kohlenhydratumsatz tierischer Gewebe. III. Über den Unterschied von d- und l-Milchsäure für Atmung und Kohlenhydratsynthese im Organismus. Biochem. Zeitschr. **171**, 421. 1926. — O. Meyerhof und J. Suranyi, Über die Dissoziationskonstanten der Hexosediphosphorsäure und Glycerinphosphorsäure. Biochem. Zeitschr. **178**, 427. 1926 (vorläufige Mitteilg. Naturwissenschaften **14**, 757). — K. Lohmann, Über den diastatischen Abbau des Glykogens im Muskelextrakt. Biochem. Zeitschr. **178**, 444. 1926. — K. Lohmann und L. Jendrassik, Colorimetrische Bestimmung der Phosphorsäure im Muskelextrakt. Biochem. Zeitschr. **178**, 419. 1926. — R. Takane, Über Atmung und Kohlenhydratumsatz tierischer Gewebe. II. Atmung und Kohlenhydratumsatz in Leber und Muskel des Warmblüters. Biochem. Zeitschr. **171**, 403. 1926. — H. Blaschko, Über den Mechanismus der Blausäurewirkung von Atmungsmodellen. Biochem. Zeitschr. **175**, 68. 1926. — J. Suranyi, Über den Zusammenhang von Spannung und Milchsäurebildung bei der tetanischen Kontraktion des Muskels. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **214**, 228. 1926.

*Im Druck* befindliche Arbeiten: **1.** Correns, Der Unterschied in der Keimungsgeschwindigkeit der Männchensamen und der Weibchensamen bei Melandrium, Hereditas. — E. Schratz, Zur Frage der Geschlechtsdiagnose auf Grund chemischer Reaktionen. Biol. Zentralbl. — Kihara, Die Chromosomenzahl und systematische Gruppierung bei Rumex scutatus. Zeitschr. f. Gewebe- u. Zellforschung. — **2.** Peterfi und Weisenberg, Ein neues Markierungsverfahren. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen; Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. — K. Pariser, Die triploiden Intersexe des rückgekreuzten Bastards von Saturnia pavonia x Saturnia pyri. — **3.** Hartmann, Allgemeine Biologie. II. Teil. — **4.** O. Mangold, Über elementare Einheiten in der Entwicklung der Amphibien. In der Abteilung Mangold ist in Bearbeitung eine zusammenfassende Darstellung des Determinationsproblems und der Methoden der Entwicklungsmechanik; über verschiedene Probleme der Entwicklung sind Versuche im Gang: z. B. über die Zeitdauer und Artspezifität morphogenetischer Reize, über die Potenz differenzierter Gewebe, über Richtungsfaktoren in der Entwicklung, über die Bedeutung des Nervensystems in der Entwicklung, über die Determination der Keimanlage bei Insekten u. a. m. Daneben laufen Versuche über die niederen Sinne der Regenwürmer. — **7.** A. Fischer, Factors of Growth Regulating Nature in Tissue Cells. Vortrag, gehalten auf dem 12. Internationalen Physiologenkongreß. Journ. of med. sciences. — A. Fischer und H. Laser, Studien über Sarkomzellen in vitro. V. Über Phagocytose von Zellen des Roux-Sarkom und von Fibroblasten in vitro. Arch. f. exp. Zellforschung. — A. Fischer, Sarkomzellen und Tuberkelbacillen in vitro. Arch. f. exp. Zellforschung. — A. Fischer, E. Buch Andersen und F. Demuth, Untersuchungen über den Einfluß erhöhten Sauerstoffdruckes auf Mäusecarcinom in vivo. Naturwissenschaften. — *In Bearbeitung* befindliche Abhandlungen: A. Fischer, Technik der Gewebszüchtung. Handbuch der biochemischen Methoden, herausgegeben von Prof. E. Abderhalden. — A. Fischer, Buch Andersen und F. Demuth, Einfluß von Sauerstoffdruck auf bösartige Geschwülste. Klin. Wochenschr. — Fräulein Dr. med. Agnes Bluhm setzte ihre Untersuchungen über die Alkoholwirkung auf die Nachkommenschaft fort.

### Kaiser Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie, Berlin-Dahlem.

Kommissar. Direktor: Carl Neuberg.

Wissenschaftliches Mitglied und Leiter der Forschungsstelle für Mikrobiologie der Kaiser Wilhelm-

Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Sao Paulo (Brasilien): MARTIN FICKER.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie, Berlin-Dahlem.**

Direktor: CARL NEUBERG.

Auswärtige Wissenschaftliche Mitglieder: v. EULER-CHELPIN, Stockholm; PAUL MAYER, Karlsbad (letzterer zeitweilig im Institut arbeitend).

Wissenschaftlicher Gast: FELIX KLOPSTOCK.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 22.

*Veröffentlichungen:* CARL NEUBERG und MARTIN BEHRENS, Über die enzymatische Abspaltung von Rohrzucker aus Salzen der Saccharosephosphorsäure. Biochem. Zeitschr. **170**, 254. — CARL NEUBERG und GÜNTHER GORR, Überführung des Methylglyoxals in Brenztraubensäure. Biochem. Zeitschr. **166**, 442; Über die gekreuzte Dismutation zwischen Aldehyd und Keton. Biochem. Zeitschr. **166**, 444; Über den Mechanismus der Milchsäurebildung bei Bakterien, II. Biochem. Zeitschr. **166**, 482; Über den Mechanismus der Milchsäurebildung bei Phanerogamen. Biochem. Zeitschr. **171**, 475; Untersuchungen über den Mechanismus der Milchsäurebildung bei Phanerogamen, II. Biochem. Zeitschr. **173**, 358; Über die saccharogene Bildung von Milchsäure durch verschiedene Bakterien, die Methylglyoxal dismutieren, und über eine einfache Art der Isolierung von Lactat. Biochem. Zeitschr. **173**, 476.; Über die Bildung von Milchsäure durch die Zellen grüner Pflanzen. Naturwissenschaften **19**, 437. 1926 (HARNACK-Heft). — CARL NEUBERG und FELIX KLOPSTOCK, Über ein neues Antigen für die Serodiagnostik der Tuberkulose. Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 24. — CARL NEUBERG und MARIA KOBEL, Vergleichende Versuche über die zellfreie Vergärung von Hexose-di-phosphorsäure, Glucose, Fructose, Saccharose sowie Invertzucker. Biochem. Zeitschr. **166**, 488; Weiteres über die Reaktion einzelner Zuckerarten mit verschiedenen Aminosäuren nebst Bemerkungen über die Vergärung von Aminosäuren-Zucker-Gemischen. Biochem. Zeitschr. **174**, 464; Neue vergleichende Versuche über die Vergärung von Hexose-di-phosphorsäure, Glucose, Fructose, Saccharose und Invertzucker durch Hefensäfte sowie frische Hefen unter verschiedenen Bedingungen. Biochem. Zeitschr. **174**, 480; Über die Wirkung wechselnder Mengen von Arsenat auf die Phosphorylierung. Biochem. Zeitschr. **174**, 493. — CARL NEUBERG und EMIL MOLINARI, Über den Verlauf der Essiggärung. Naturwissenschaften **32**, 758. 1926. — CARL NEUBERG und CARL OPPENHEIMER, Zur Nomenklatur der Gärungsfermente und Oxydasen. Biochem. Zeitschr. **166**, 450. 1925. — CARL NEUBERG und GENIA PERLMANN, Verlauf der alkoholischen Zuckerspaltung in Gegenwart von Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff. Biochem. Zeitschr. **165**, 238. — CARL NEUBERG und ERNST SIMON, Über das Verhalten des p-Xylochinons zu Hefe. Biochem. Zeitschr. **171**, 256; Über die Dismutation des Methyl-äthyl-acetaldehyds. Biochem. Zeitschr. **174**, 452. — CARL NEUBERG und JOACHIM WAGNER, Zur Kenntnis der Phosphatase und über die Darstellung von sauren Estern der Pyrophosphorsäure. Biochem. Zeitschr. **171**, 485; Über die Verschiedenheit der Sulfatase und Myrosinase. VIII. Mitteilung über Sulfatase. Biochem. Zeitschr. **174**, 457. — CARL NEUBERG und FRITZ WINDISCH, Über die Essiggärung und die chemischen Leistungen der Essigbakterien. Biochem. Zeitschr. **166**, 454. — CARL NEUBERG, Über die Rohrzuckerphosphorsäure und ihren chemischen sowie biochemischen Abbau. Zeitschr. d. Ver. d. dtsch. Zuckerind. **76**, 463. 1926; Betrachtungen zum Fermentproblem. Zeitschr. f. physiol. Chem. **157**, 299; Gärung, Referat erstattet auf der Tagung der deutschen Vereinigung für Mikrobiologie. Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. 2, Ref., Beiheft zu Band **97**. — PAUL MAYER, Zur Biochemie des Asymmetrieproblems. Biochem. Zeitschr. **174**, 420. — G. BINDER-KOTRBA, Über die Vergärung der Phenylglyoxylsäure. Biochem. Zeitschr. **174**, 440; Die Umwandlung von Phenylglyoxal in Mandelsäure durch die Ketonaldehydmutase grüner Pflanzen. Biochem. Zeitschr. **174**, 443; Über die Dismutation des Acetaldols durch das Bacterium ascendens. Biochem. Zeitschr. **174**, 448. — MARTIN BEHRENS und NIKOLAI NIKOLAJEWITSCH IWANOFF, Neue Versuche über die Carboligase. Biochem. Zeitschr. **169**, 478. — L. ELION, Zur Kenntnis der Acetoinbildung bei der Vergärung von Zucker durch Hefe. Biochem. Zeitschr. **169**, 471. — GÜNTHER GORR und GENIA PERLMANN, Über die Einwirkung des Sauerstoffs auf den Verlauf der alkoholischen Zuckerspaltung. Biochem. Zeitschr. **174**, 425; dieselben: Weitere Untersuchungen über die Bildung von Milchsäure aus Methylglyoxal durch Ketonaldehydmutase tierischer und pflanzlicher Herkunft. Biochem. Zeitschr. **174**, 433. — RYUZO IWATSURU, Über die Vergärung von α-Ketoglutarsäure durch das Bacterium xylinum. Biochem. Zeitschr. **168**, 34; Über Polysaccharidspaltung durch Hefe. Biochem. Zeitschr. **166**, 409; Über die Spaltung der mono-phenyl-phosphorsauren und mono-äthylphosphorsauren Salze durch pflanzliche und tierische Phosphatase. Biochem. Zeitschr. **173**, 348.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie, Berlin.**

Direktor: EDGAR ATZLER.

Wissenschaftliches Ehrenmitglied: MAX RUBNER.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 30.

*Veröffentlichungen:* FULL und HERBST, Über das Verhalten des Grundumsatzes bei verschiedener Kost. Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **48**, 640. 1926. — ATZLER, Arbeitsphysiologie und Rationalisierung. Frankf. Zeitung, 28. April 1926; Rationelle Arbeit. Ausstellungsbroschüre im Selbstverlag des Instituts; Physiologie du travail. Encyklop. d'Hygiene du travail. Herausgegeben vom Intern. Arbeitsamt, Genf. — HIRASE, Der Einfluß der Nebennierenexstirpation auf die Arbeitsfähigkeit des Muskels. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.; **212**. 1926; Untersuchungen über die Entwicklung des Kollateralkreislaufs. Arch. f. klin. Chir. 1926. — ATZLER, Der lebendige Motor. Akad. Verein „Hütte", e. V., Berlin 1926. — LEHMANN, Anatomische und physiologische Stichworte. Gieses Handbuch der Arbeitswissenschaft. Verl. Marhold, Halle; Energetik des Organismus. Oppenheimers Handbuch der Biochemie. — E. ATZLER, Aufgaben und Ziele der Arbeitsphysiologie. „Die Arbeit", Zeitschr. f. Gewerkschaftspolitik u. Wirtschaftskunde **3**, H. 9 u. 10. 1926; Rationalisierung der Arbeit. Reichsarbeitsblatt 1926.

*Im Druck* befindliche Arbeiten: ATZLER, Methoden der Arbeitsphysiologie unter besonderer Berücksichtigung des Problems der gewerblichen Ermüdung. Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. — ATZLER und HERBST, Arbeitsphysiologische Studien, III. Teil. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. — LEHMANN, Arbeitsphysiologische Studien, IV. Teil. Pflügers Arch f. d. ges. Physiol. — ATZLER, Physiologie der Ermüdung. Zentralbl. f. Gewerbe u. Hygiene. — LEHMANN, Methoden der Ermüdungsfrage. Zentralbl. f. Gewerbe u. Hygiene. — ATZLER, Gefäßreflexe und Vasomotoren. Bethe, Handbuch d. Arbeitsphysiologie. — ATZLER und LEHMANN, Reaktionen der

Gefäße auf direkte Reize. Bethe, Handbuch der Physiologie Bd. VII.

Eine zusammenfassende Darstellung der gesamten Arbeiten des Instituts findet sich in dem von Professor ATZLER herausgegebenen Handbuch der Arbeitsphysiologie, „Körper und Arbeit", das Ende Oktober 1926 im Verlag von Georg Thieme, Leipzig, erscheint.

### Mit Mitteln der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft im Physiologischen Institut der Universität Halle ausgeführte Forschungen.

Direktor des Physiologischen Instituts: EMIL ABDERHALDEN.

Wissenschaftliche Mitarbeiter: 2.

*Veröffentlichungen:* EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, Methylierung von Diketopiperazinen und Piperazinen. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **148**. 1925. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST SCHWAB, Studien über strukturisomere Formen der 2,5-Dioxo-piperazine und der Polypeptide. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und HANS SICKEL, Beitrag zur Kenntnis des Prolins. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und FRITZ GEBELEIN, Über Decarboxylierung von Aminosäuren unter Bildung der entsprechenden Amine und über die Darstellung der Enolform von 2,5-Dioxo-piperazinen. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST ROSSNER, Studien über Polypeptide, an deren Aufbau Glutaminsäure beteiligt ist, und Derivate von solchen. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und HANS SICKEL, Die Struktur der aus Casein durch fermentativen Abbau erhaltenen Verbindung $C_{14}H_{18}N_2O_4$. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **153**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST SCHWAB, Über die Bildung von α-Oxypyrrolin-α'-carbonsäure aus Glutaminsäure und die Umwandlung der ersteren Verbindung in α-α'-Oxypyrrolidincarbonsäure. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **153**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, weitere Studien zum Problem der Struktur der Proteine. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **151**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und HANS QUAST, Weitere Studien zum Problem der Struktur der Proteine. Vergleichende Oxydationsversuche. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **151**. 1926. — EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, Darstellung methylierter Piperazine. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **149**. 1925. — EMIL ABDERHALDEN und ERNST SCHWAB, Studien über desmotrope Formen der Diketopiperazine. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **149**. 1925. — EMIL ABDERHALDEN und RICHARD HAAS, Studien über das Absorptionsvermögen von Aminosäuren, Polypeptiden und Dioxo-piperazinen. Hoppe-Seylers Zeitschrift f. physiol. Chem. **157**. 1926.

*Im Gange* befindliche Untersuchungen: Die Forschung über die Struktur der Proteine ist auf eine breitere Basis gestellt worden. Es sind Studien über das Verhalten von Aminosäuren und bestimmter ihrer Salze in Lösungen im Gange. Ferner sind entsprechende Studien an Gemischen von Aminosäuren und Polypeptiden und von diesen Verbindungen und 2,5-Dioxo-piperazinen teils abgeschlossen, teils noch im Gange. Weiterhin wird das Verhalten von Kupfersalzen von Aminosäuren und Polypeptiden unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Außerdem werden Versuche angestellt, durch Synthese einer Anzahl von hochmolekularen Polypeptiden und verwandten Verbindungen Material zu vergleichenden Studien zu erhalten.

### Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung, Berlin.

Direktor: OSKAR VOGT.

Wissenschaftliche Mitglieder: CÉCILE VOGT, MAX BIELSCHOWSKY.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 16.

*Veröffentlichungen:* O. VOGT, Ein weiterer Beitrag zur elektiven Natur der pathoarchitektonischen Veränderungen der Großhirnrinde. Festschrift für Professor ROSSOLIMO, Moskau; Psychiatrische Krankheitseinheiten im Lichte der Genetik. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **100**; Psychiatrisch wichtige Tatsachen der zoologisch-botanischen Systematik. Zeitschrift f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. — C. VOGT, Die topistisch-pathoarchitektonische Forschung in der Psychiatrie. Zeitschr. f. d. ges. Neurologie u. Psychiatrie **100**; Topistik und psychiatrische Klassifikation. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. — C. und O. VOGT, Die nosologische Stellung des Status marmoratus des Striatum. Psychiatr.-neurol. Wochenschrift **28**. — M. BIELSCHOWSKY, Das multiple Ganglionneuron des Gehirns und seine Entstehung. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1926; — M. ROSE, Über das histogenetische Prinzip der Einteilung der Großhirnrinde. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1926; Der Grundplan der Cortextektonik beim Delphin. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1926; Der Allocortex bei Tier und Mensch. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **34**. 1926. — N. TIMOFEEFF-RESSOVSKY, Ein Fall geschlechtsgebundener balancierter Lethalfaktoren bei Drosophila melanogaster. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **107**. — H. und N. TIMOFEEF-RESSOVSKY, Über das phänotypische Manifestieren des Genotyps. II. Über idiosomatische Variationsgruppen bei Drosophila funebris. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. D: Wilh. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **108**. — W. KRAHMER Ein myeloarchitektonischer Felderungsversuch. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **32**. 1925.

### Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser Wilhelm-Institut), München.

Vorstand: EMIL KRAEPELIN († 7. Oktober 1926).

Abteilungsleiter: EMIL KRAEPELIN, WALTHER SPIELMEYER, ERNST RÜDIN, FELIX PLAUT.

Mitglieder: F. JAHNEL, H. SPATZ, K. NEUBÜRGER, J. LANGE.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 40.

*Veröffentlichungen.*
*Psychologische Abteilung und klinisches Archiv.*
(E. KRAEPELIN.)

H. AURIN, Über Willensantriebe bei geistiger Arbeit. Psychol. Arb. **9**. 1926. — J. ENKLING, Über die Wirkungen einmaliger und geteilter Alkoholgaben auf einfache psychische Leistungen. Psychol. Arb. **9**. 1926. — K. ERLACHER, Über Alkoholwirkung bei Schulkindern. Psychol. Arb. **9**. 1926. — O. GRAF, Ermüdung bei zwangsläufiger Arbeit. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. 1926; Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch Cocain und Psicain. Psych. Arb. **9**. 1926; Über Pausenwirkung bei verschiedener Willensspannung. Psychol. Arb. **9**. 1926. — HAHN, Über Merkfähigkeit und Alkohol. Psychol. Arb. **9**. 1926. — T. SCHMIDT-KRAEPELIN, Beitrag zur Klinik der Paralysen mit langsamem Verlauf. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. 1926; Beitrag zur Kenntnis der serologischen und anatomischen Befunde bei Paralysen mit langsamem Verlauf. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **103**. 1926.

*Histopathologische Abteilung.*

(W. SPIELMEYER.)

W. SPIELMEYER, Über die Bedeutung des lokalen Faktors für die Beschaffenheit der Entmarkungsherde bei multipler Sklerose und Paralyse. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. **74**, H. 2/4. 1925; Forschungsrichtungen in der Histopathologie des Nervensystems während der letzten 50 Jahre. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. **76**, H. 1. 1925; Klin. Wochenschr. **5**, Nr. 3. 1926; Zur Pathogenese örtlich elektiver Gehirnveränderungen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **99**, H. 5. 1925; Die anatomische Krankheitsforschung am Beispiel einer Huntingtonschen Chorea mit Wilsonschem Symptomenbild. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. 1926; Zur Frage der Häufigkeit und Bedeutung miliarer Gummen bei Paralyse. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **102**, H. 1/2. 1926; Versuche der theoretischen Neuroluesforschung zur Lösung therapeutischer Fragen. 38. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin. Wiesbaden 1926. — E. GAMPER, Bau und Leistung eines menschlichen Mittelhirnwesens. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **102**, 154. — D. GROMBACH, Modifikation der Biondifärbung zur Darstellung des Bindegewebes im Nervensystem. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **103**, 173. — E. GRÜNTHAL, Über die Alzheimersche Krankheit. Eine histopathologisch-klinische Studie. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**, 128. — M. KODOMA, Über die regionäre Verteilung der arteriosklerotischen Veränderungen im Großhirn. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **102**, 597; Über den Fettgehalt des Globus pallidus (Das „Pallidum-Fett"). 3. Mitteilung der Untersuchungen über Stoffspeicherung und Stofftransport im Nervensystem von H. SPATZ. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **102**, 236. — K. B. LEHMANN, H. SPATZ und K. WISBAUM-NEUBÜRGER, Die histologischen Veränderungen des Zentralnervensystems bei der bleivergifteten Katze und deren Zusammenhang mit den klinischen Erscheinungen, insbesondere mit Krampfanfällen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **103**, 123. — A. METZ, Die drei Gliazellarten und der Eisenstoffwechsel. 2. Mitteilung der Untersuchungen über Stoffspeicherung und Stofftransport im Nervensystem von H. SPATZ. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **100**, 428. — A. MEYER, Über die Wirkungen der Kohlenoxydgasvergiftung auf das Zentralnervensystem. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **100**, 201. — K. NEUBÜRGER, Über streifenförmige Erkrankungen der Großhirnrinde bei Arteriosklerose. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**; Einiges über die Bedeutung funktioneller Gefäßstörungen in der Pathologie. Jahreskurs f. ärztl. Fortbild., Januarheft 1926; Über atypische Epithelwucherungen und beginnende Carcinome in der senilen Prostata. Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 2; Hirnbefund bei plötzlichem Tod nach Gallensteinoperationen. Zentralbl. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **43**; Über den Begriff der weißen Hirnerweichung und ihre Entstehung durch Störungen der Gefäßfunktion nach Trauma. Verhandl. d. dtsch. pathol. Ges. 21. Tagung; Zur Frage der funktionellen Gefäßstörungen unter besonderer Berücksichtigung des Zentralnervensystems. Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 37. — K. ONARI und H. SPATZ, Anatomische Beiträge zur Lehre von der Pickschen umschriebenen Großhirnrinden-Atrophie (Picksche „Krankheit"). Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**, 470. — H. SPATZ, Zur Pathologie und Pathogenese der Hirnlues und der Paralyse. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**, 644; Über einige charakteristische makroskopische Befunde bei Geisteskranken. Zentralbl. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **42**, 121.

*Genealogisch-Demographische Abteilung.*

(E. RÜDIN.)

B. SCHULZ, Zum Problem der Erbprognose-Bestimmung. Die Erkrankungsaussichten der Neffen und Nichten von Schizophrenen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **102**, H. 1/2, S. 1—37. 1926. — B. KATTENTIDT, Zur Frage einer Belastungsstatistik der Durchschnittsbevölkerung. (Die Erkrankungsverhältnisse in den Neffen- und Nichtenschaften von Paralytikerehegatten.) Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **103**, H. 1/2, S. 288—306. 1926.

*Im Druck:* B. SCHULZ, Demographische und psychiatrische Untersuchungen in der engeren biologischen Familie von Paralytikerehegatten. — I. GUSCHMER, Zum Problem der Erbprognose-Bestimmung. Die Erkrankungsaussichten der Neffen und Nichten von genuinen Epileptikern. — J. WEINBERGER, Über die hereditären Beziehungen der senilen Demenz.

*Serologische Abteilung.*

(F. PLAUT.)

F. PLAUT, Untersuchungen über Trypanocidie, Phagocytose und aktive Immunisierung bei Paralyse, nebst einigen Erwägungen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**, 512. 1926; The Treatment of Metasyphilitic Disorders of the nervous System with infections Diseases, in particular with relapsing fever. Internat. clin. **1**, Nr. 36. 1926; Zur Frage der „Paralyse-Encephalitis" beim Kaninchen nach subduraler Injektion von Paralytikerliquor. Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 16; Zur Bewertung von Liquorbefunden bei Kaninchen. Klin. Wochenschr. 1926, Nr. 27; Sir Frederic W. Mott. Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 31; Untersuchungen über die Sonderstellung des Nervensystems zur Spirochäteninfektion. Recurrensinfektion des Nervensystems bei den als recurrensimmun geltenden Kaninchen. Münch. med. Wochenschrift 1926, Nr. 38. — F. PLAUT und F. JAHNEL, Die progressive Paralyse — eine Folge der Schutzpockenimpfung? Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 10; Schutzpockenimpfung, Syphilisverlauf und Paralyse im Lichte tierexperimenteller Untersuchungen. Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 13. — F. JAHNEL, Die Ätiologie der epidemischen Encephalitis. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **99**, H. 1/2; Über den gegenwärtigen Stand der ätiologischen Encephalitisforschung. Psychiatr.-neurolog. Wochenschr. **27**, Nr. 45. 1925; Über einige Gesichtspunkte bei künftigen Untersuchungen über die Ätiologie der epidemischen Encephalitis. (11. Tagung d. dtsch. Vereinigg. f. Mikrobiol. in Frankfurt a. M. 1925, 24. bis 26. Sept.) Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh., Abt. 1, Orig.; Mediz.-hygien. Bakteriologie u. tier. Parasitenkunde. Originale, Beiheft zu **97**; Über die Möglichkeiten und Wege der therapeutischen Beeinflussung von Paralyse und Tabes. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **101**. 1926; Erwiderung auf die Bemerkung HILGERMANNS zu meiner Arbeit „Die Ätiologie der epidemischen Encephalitis". Sonderabdruck aus d. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **104**, H. 1/2; Die Ätiologie der progressiven Paralyse. Deutschrussische Ärztezeitschr.; Die syphilitischen Erkrankungen des Zentralnervensystems. Volksgesundheit 1926, H. 4; Die kongenitale Lues und ihre Beziehungen zu Nerven- und Geisteskrankheiten. Arch. f. Gynäkol.; — F. JAHNEL gemeinsam mit LANGE, Framboesie, Syphilis und Paralyse. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u.

Psychiatrie; Zur Kenntnis der Framboesie-Immunität der Paralytiker. Klin. Wochenschr. 1926; Zur Lues-Immunität der Paralytiker. Münch. med. Wochenschr. 1926. — H. Grossmann, Versuche zu einer Verfeinerung der Goldsolreaktion (GR) durch Verwendung höher konzentrierter Goldlösungen. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie **97**, H. 1/2. 1925. — M. Custer, Eine einfache Methode zur quantitativen Bestimmung des Gesamteiweißes in kleinen Liquormengen. (Sulfosalicylsäureprobe.) Münch. med. Wochenschr. 1926 Nr. 32.

*Im Druck* befindliche Arbeiten: F. Plaut, Paralyse-Studien bei Negern und Indianern. — F. Plaut und G. Ehrismann, Die Serodiagnostik im Dienste der Syphilis und Paralysestatistik.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem.**

1. Direktor: Alfred Stock (ab 1. Oktober 1926 o. Professor an der Technischen Hochschule Karlsruhe).

2. Direktor: Otto Hahn.

Wissenschaftliche Mitglieder: Lise Meitner, Kurt Hess.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 31.

Abteilung Stock.

*Veröffentlichungen:* A. Stock und G. Ritter, Gasdichtebestimmungen mit der Schwebewage, I. Zeitschr. f. physikal. Chem. **119**, 333. 1926. — A. Stock, Siliciumwasserstoffe. Zeitschr. f. Elektrochem. **32**, 341. 1926; Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes. Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 461 u. 790. 1926. — A. Stock und E. Pohland, Die Bestimmung kleiner Quecksilbermengen. Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 466. 1926; Die colorimetrische Bestimmung sehr kleiner Quecksilbermengen. Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 791. 1926. — A. Stock, Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame. Med. Klinik **22**, 1209 u. 1250. 1926.

*Abgeschlossene und im Druck* befindliche Arbeiten: A. Stock und E. Pohland, Zur Kenntnis des $B_2H_6$ und des $B_5H_{11}$. Ber. d. dtsch. chem. Ges.; $B_3N_3H_6$. Ber. d. dtsch. chem. Ges.; $B_2H_5I$. Synthese des $B_4H_{10}$. Ber. d. dtsch. chem. Ges.; Strukturformeln der Borhydride. Ber. d. dtsch. chem. Ges. — A. Stock und G. Ritter, Gasdichtebestimmungen mit der Schwebewage. II. Äthylen als Vergleichsgas. Zeitschr. f. physikal. Chem.; Die Schwankungen in der Dichte der atmosphärischen Luft. Zeitschr. f. angew. Chem.

Abteilung Hess.

*Veröffentlichungen:* K. Hess, Zur Raumchemie der Stickstoffverbindungen. Naturwissenschaften **14**, 183. 1926; Neue Ergebnisse der Celluloseforschung im Lichte der Naegelischen Micellartheorie. Naturwissenschaften **14**, 435. 1926. — K. Hess und G. Schultze, Über das kryoskopische Verhalten krystallisierter Acetylcellulosen. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 99. 1926. — J. R. Katz und K. Hess, Über Quellung und Mercerisierung natürlicher Cellulosefasern in Salpetersäure und über philanierte Baumwolle. I. Röntgenspektrographische Beobachtungen. Zeitschr. f. physikal. Chem. **122**, 126. 1926. — K. Hess, Zur Erkenntnis der Cellulose. Kolloidchem. Beih., Ambronn-Festschrift, August 1926; Enthält die Cellulose eine Vereinigung von 4 Hexosegruppen? Naturwissenschaften **14**, 822. 1926.

*Im Druck* (Liebigs Ann. d. Chem.): F. Micheel und K. Hess, Zur Kenntnis der O-Brückenlage der Glucose. — K. Hess und H. Friese, Die Acetolyse der Cellulose. — K. Hess und G. Schultze, Bemerkungen zu der Mitteilung von H. Pringsheim über die Konstitution der Cellulose. — K. Hess, H. Pichlmayr und R. Stahn, Über krystallisierte Trimethylcellulose. — K. Hess, F. Micheel und W. Reich, Über den Nachweis einer Fremdsubstanz der Cellulosefaser. — F. Micheel und K. Hess, Zur Kenntnis der 2. 3. 6. Trimethylglucose und ihre Beziehung zur Konstitution der Cellulose; ein Beitrag zur Wandelbarkeit von O-Brücken in Kohlenhydraten.

Abteilung Hahn-Meitner.

*Veröffentlichungen:* O. Hahn und L. Meitner, Die $\beta$-Strahlspektren von RaAc und seinen Zerfallsprodukten. Zeitschr. f. Physik **34**, 795. 1925. — L. Meitner, Die $\gamma$-Strahlung der Aktiniumreihe und der Nachweis, daß die $\gamma$-Strahlen erst nach erfolgtem Atomzerfall emittiert wurden. Zeitschr. f. Physik **34**, 807. 1925. — O. Hahn u. J. Heidenhain, Über hochemanierende Radiumpräparate. Ber. d. dtsch. chem. Ges. **59**, 284. 1925. — O. Hahn, Zur Frage nach der Existenz des Ekacäsiums. Naturwissenschaften **14**, 159. 1926. — L. Meitner und K. Freitag, Über die $\alpha$-Strahlen des ThC + C' und ihr Verhalten beim Durchgang durch verschiedene Gase. Zeitschr. f. Physik **37**, 481. 1926. — K. Philipp, Die weitreichenden $\alpha$-Strahlen beim aktiven Niederschlag des Thoriums. Zeitschr. f. Physik **37**, 518. 1926. — L. Meitner, Einige Bemerkungen zur Isotopie der Elemente. Naturwissenschaften **14**, 719. 1926. — O. Hahn und O. Erbacher, Über die Einheitlichkeit des Zerfalls und die Halbwertszeit des Mesothor 2. Physikal. Zeitschr. **27**, 531. 1926. — O. Hahn, Gesetzmäßigkeiten bei der Fällung und Adsorption kleiner Substanzmengen und ihre Beziehung zur radioaktiven Fällungsregel (nach gemeinsam mit Herrn O. Erbacher und Frl. N. Feichtinger ausgeführten Versuchen). Ber. d. dtsch. chem. Ges. **59**, 2014. 1926.

*Abgeschlossene und im Druck* befindliche Arbeiten: L. Meitner und W. Santholzer, Die Reichweiten der $\beta$-Strahlen von RaD und die pro Zentimeter erzeugte Ionenzahl. — L. Meitner und N. Riehl, Die Untersuchung der primären $\beta$-Strahlen und der Wahrscheinlichkeit der Absorption von $\gamma$-Strahlen nach der Geigerschen Zählmethode. — O. Hahn und M. Biltz, Vorgänge beim Trocknen und Wiederwässern oberflächenreicher Niederschläge. — M. Biltz, Emaniervermögen und Gelstruktur.

*Im Gange* befindliche Untersuchungen: Untersuchungen über den Rückstoß der Atome bei $\beta$-Strahlung. Absorptionsmessungen der $\gamma$-Strahlen des Radiums selbst. Untersuchungen über die Stellung des Aktiniums zur Uranreihe. Anwendungen der neuen radioaktiven Fällungs- und Adsorptionssätze.

**Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem.**

Direktor: Fritz Haber.

Wissenschaftliche Mitglieder: 1. aktiv: Herbert Freundlich (Vertreter des Direktors), Rudolf Ladenburg, Michael Polanyi; 2. inaktiv: Friedrich Epstein, Ferdinand Flury, James Franck, Gerhard Just, Fritz Kerschbaum.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 55.

*Veröffentlichungen:* [Dem Titel ist die Bezeichnung der Abteilung des Instituts zugefügt, aus der die Abhandlung hervorgeht (D.A. = Abt. des Direktors; $A_1$, $A_2$, $A_3$ Abteilungen der Mitglieder Freundlich (1), Ladenburg (2), Polanyi (3). Die Abhandlungen 45, 46, 47 schildern Untersuchungen, die Frl. Prof. v. Wrangell früher als wissenschaftlicher Gast des Instituts ausgeführt hat.] 1. P. Arendt und H. Kallmann, Über den Mechanismus der Aufladung von Nebelteilchen. Zeitschr. f. Physik **35**, 421. 1926. D.A.

— 2. Sofie Berkman und H. Zocher, Die optische Anisotropie der gefärbten Sole von mercurisulfosalicylsaurem Natrium. Ambronn-Festschrift. Kolloidchem. Beih. **23**, 292. 1926. $A_1$. — 3. H. Beutler, St. v. Bodgandy und M. Polanyi, Über Luminescenz hochverdünnter Flammen. Naturwissenschaften **14**, 164. 1926. $A_2$. — 4. E. Boehm und K. F. Bonhoeffer, Über die Gasreaktionen des aktiven Wasserstoffs. Zeitschr. f. physikal. Chem. **119**, 385. 1926. D.A. — 5. K. F. Bonhoeffer, Über die Eigenschaften des aktiven Wasserstoffs. Zeitschr. f. Elektrochem. **31**, 521. 1925. D.A. — 6. K. F. Bonhoeffer und S. Loeb, Über Wasserstoffsuperoxydbildung aus Knallgas durch optisch angeregte Quecksilberatome. · Zeitschr. f. physikal. Chem. **119**, 474. 1926. D.A. — 7. K. F. Bonhoeffer und W. Steiner, Über das Adsorptionsspektrum des Jodwasserstoffs im Ultraviolett. Zeitschrift f. physikal. Chem. **122**, 287. 1926. D.A. — 8. G. Ettisch, Zur Frage der Fraktionierung der Serumproteine, II. Biochem. Zeitschr. **171**, 454. 1926. $A_1$. — 9. G. Ettisch und W. Beck, Zur Frage der Fraktionierung der Serumproteine, I. Biochem. Zeitschr. **171**, 443. 1926. $A_1$. — 10. G. Ettisch und W. Beck, Zur Frage der physikalisch-chemischen Charakterisierung der Proteine. Naturwissenschaften **14**, 487. 1926. $A_1$. — 11. G. Ettisch und W. Beck, Zur Frage der Fraktionierung der Serumproteine. III. Biochem. Zeitschr. **172**, 1. 1926. $A_1$. — 12. H. Freundlich, Über Adsorption. Cellulosechemie **7**, 57. 1926. $A_1$. — 13. H. Freundlich und W. Beck, Die Sensibilisierung durch Albumine und Pseudoglobuline aus normalem und Immunserum. Biochem. Zeitschr. **166**, 190. 1925. $A_1$. — 14. H. Freundlich und L. L. Bircumshaw, Über das thixotrope Verhalten von Aluminiumhydroxydgelen. Kolloidzeitschr. **40**, 19. 1926. $A_1$. — 15. H. Freundlich und Vera Birstein, Über das Gelten der Traubeschen Regel bei der Koagulation hydrophober Sole. Kolloidchem. Beih. **22**, 95. 1926. $A_1$. — 16. H. Freundlich und Vera Birstein, Über einige Eigenschaften der Blauschen Komplexsalze. Ambronn-Festschr. Kolloidchem. Beih. **23**, 27. 1926. $A_1$. — 17. H. Freundlich und H. Cohn, Über die Eigenschaften alkalischer Kieselsäuresole. Kolloidzeitschr. **39**, 28. 1926. $A_1$. — 18. H. Freundlich und H. Dannenberg, Über die zeitliche Veränderung der Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkugeligen Teilchen. I. Zeitschr. f. physikal. Chem. **119**, 87. 1926. $A_1$. — 19. H. Freundlich und H. Dannenberg, Über die zeitliche Veränderung der Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkugeligen Teilchen. II. Zeitschr. f. physikal. Chem. **119**, 96. 1926. $A_1$. — 20. H. Freundlich und H. Neukircher, Über den Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Viskosität und Elastizität von Gelatinelösungen. Kolloid-Zeitschr. **38**, 180. 1926. $A_1$. — 21. H. Freundlich, H. Neukircher und H. Zocher, Über die Elastizität und Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkugeligen Teilchen. I. Kolloid-Zeitschr. **38**, 43. 1926. $A_1$. — 22. H. Freundlich, H. Neukircher und H. Zocher, Über die Elastizität und Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkugeligen Teilchen. II. Kolloid-Zeitschr. **38**, 48. 1926. $A_1$. — 23. H. Freundlich und H. Jores, Über die Viscosität und Elastizität von Seifenlösungen. Kolloidchem. Beih. **32**, 16. 1926. $A_1$. — 24. H. Freundlich und H. Kroepelin, Über die Kinetik der Umwandlung von Halogenalkylaminen in heterocyclische Verbindungen. IV. Zeitschr. f. physikal. Chem. **122**, 39. 1926. $A_1$. — 25. H. Freundlich und Shukichi Mitsukuri, Über die Koagulation von Alkaliblau-Tannin-Solen durch Elektrolyte. Kolloid-Zeitschr. **39**, 123. 1926. $A_1$. — 26. H. Freundlich und A. Paris, Zur Frage der langsamen Hydrolyse des Kaliumpentachlororutheniats. Kolloid-Zeitschr. **40**, 16. 1926. $A_1$. — 27. H. Freundlich und A. Rosenthal, Über die Geschwindigkeit der Sol-Gel-Umwandlung von konzentrierten Eisenoxydsolen. Zeitschr. f. physikal. Chem. **121**, 463. 1926. $A_1$. — 28. H. Freundlich und O. Schikorr, Über die durch kolloiden Schwefel beschleunigte Umwandlung der Maleinsäure in Fumarsäure. Kolloidchem. Beih. **22**, 1. 1926. $A_1$. — 29. F. Haber, Über die Hydroxyde des Aluminiums und des dreiwertigen Eisens. Naturwissenschaften **13**, 1007. 1925. D.A. — 30. F. Haber, Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente. Naturwissenschaften **14**, 405. 1926. D.A. — 31. F. Haber, Über die Grenzgebiete der Chemie. Naturwissenschaften **14**, 849. 1926. D.A. — 32. F. Haber, J. Jaenicke und F. Matthias, Über die angebliche Darstellung „künstlichen" Goldes aus Quecksilber. Ber. d. dtsch. chem. Ges. **59**, 1641. 1926. D.A. — 33. F. Haber, J. Jaenicke und F. Matthias, Über die angebliche Darstellung „künstlichen" Goldes aus Quecksilber. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **153**, 153. 1926. D.A. — 34. H. Kautsky, Über Reaktionsleuchten. Zeitschr. f. physikal. Chem. **120**, 230. 1926. $A_1$. — 35. H. Kautsky, Vom Wesen einiger sechsgliedriger Siliciumverbindungen. Zeitschr. f. Elektrochem. **32**, 349. 1926. $A_1$. — 36. H. Kautsky und H. Thiele, Die Herstellung von völlig sauerstofffreiem Stickstoff. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **152**, 342. 1926. $A_1$. — 37. H. Kallmann, Über die chemische Reaktion von Gasionen. Naturwissenschaften **14**, 427. 1926. D.A. — 38. H. Kallmann und H. Mark, Über einige Eigenschaften der Compton-Strahlung. Naturwissenschaften **13**, 1012. 1925. D.A. — 39. H. Kallmann und H. Mark, Über einige Eigenschaften der Comptonstrahlung. Zeitschr. f. Physik **36**, 119. 1926. D.A. — 40. H. Kallmann und H. Mark, Über die anomale Dispersion im Gebiet der Röntgenstrahlen. Naturwissenschaften **14**, 649. 1926. D.A. — 41. H. Kopfermann und R. Ladenburg, Elektrooptische Untersuchungen am Natriumdampf. (Anormale elektrische Doppelbrechung; Starkeffekt an der Resonanzstrahlung.) Ann. d. Phys. (4) **78**, 659. 1925. $A_2$. — 42. R. Ladenburg, Die diamagnetische und die paramagnetische Drehung der Polarisationsebene. Zeitschr. f. Phys. **34**, 898. 1925. $A_2$. — 43. R. Ladenburg, H. Kopfermann und A. Carst, Untersuchungen über die anomale Dispersion angeregter Gase. Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss., Physikal.-mathem. Kl. **24**, 255. 1926. $A_2$. — 44. M. Polanyi, Verformung von Metallkrystallen und verformter Zustand. Ber. d. Fachausschüsse d. Ver. dtsch. Eisenhüttenleute. Werkstoffausschuß, Ber. Nr. 85 v. 26. Febr. 1926. $A_2$. — 45. M. v. Wrangell, Colorimetrische Methode zur schnellen Bestimmung von Phosphorsäure in sehr verdünnten Lösungen. Landwirtschaftl. Jahrb. **63**, 669. 1926. — 46. M. v. Wrangell und W. Haase, Über den Phosphorsäuregehalt natürlicher Bodenlösungen. Landwirtschaftl. Jahrb. **63**, 707. 1926. — 47. M. v. Wrangell und E. Koch, Die Löslichkeitsgesetze in ihrer Anwendung auf tertiäre Phosphate. Landwirtschaftl. Jahrb. **63**, 677. 1926. — 48. H. Zocher, Über die optische Anisotropie selektiv absorbierender Stoffe und über mechanische Erzeugung von Anisotropie. Naturwissenschaften **13**, 1015. 1925. $A_1$. — 49. H. Zocher, Die optischen Methoden zur Untersuchung der Anisotropie in Kolloiden. Kolloid-Zeitschr. **37**, 336. 1925. $A_1$.

*Im Druck* befindliche Arbeiten: St. v. Bogdandy, J. Boehm und M. Polanyi, Herstellung molekularer Gemenge. $A_2$. — St. v. Bogdandy und M. Polanyi, Schnellanalyse von Messing. $A_2$.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung, Mülheim-Ruhr.**

Direktor: FRANZ FISCHER.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 10.

*Veröffentlichungen:* H. TROPSCH und E. DITTRICH, Über die von Halbkoks bei verschiedenen Temperaturen abgegebenen flüchtigen Bestandteile. Brennstoff-Chemie **6**, 301. 1925. — H. BROCHE und TH. BAHR, Über das Ölbitumen und das Festbitumen der Steinkohle. Brennstoff-Chemie **6**, 349. 1925. — F. FISCHER und H. TROPSCH, Notiz über die Reduzierbarkeit der Kresole nach dem Verfahren von BERGIUS. Brennstoff-Chemie **7**, 2. 1926. — H. BROCHE, Über die normale Zusammensetzung des Leichtöles von Steinkohlenurteer. Brennstoff-Chemie **7**, 37. 1926. — F. FISCHER und H. TROPSCH, Die Erdölsynthese bei gewöhnlichem Druck aus den Vergasungsprodukten der Kohlen. Brennstoff-Chemie **7**, 97. 1926; vgl. ferner Ber. d. dtsch. chem. Ges. **59**, 830, 832 u. 923. 1926. — F. FISCHER und P. DILTHEY, Über die Auswaschung der Kohlensäure aus industriellen Gasen bei gewöhnlichem Druck. Brennstoff-Chemie **7**, 277. 1926. — F. FISCHER und H. TROPSCH, Über die Reduktion und Hydrierung des Kohlenoxyds. Brennstoff-Chemie **7**, 299. 1926. — F. FISCHER und P. DILTHEY, Über die direkte Gewinnung von reinem Schwefel aus schwefelhaltigen Gasen mit Hilfe von Kupfersalzlösungen. Brennstoff-Chemie **7**, 300. 1926.

*Weitere Veröffentlichungen:* F. FISCHER, Neuere Forschungen zur Entstehung der Kohlen. Zeitschr. der dtsch. geolog. Ges. **77**, 534. 1925; Liquid fuels from water gas. Industr. a. engineer. chem. **17**, 574. 1925; The coking and swelling constituents of coal. Industr. a. engineer. chem. **17**, 707. 1925; Kohle und Öl in Amerika. Bericht über meine Studienreise. Berlin: Gebrüder Borntträger 1925.

Das Institut ist augenblicklich mit der weiteren Ausarbeitung der Erdölsynthese bei gewöhnlichem Druck und anderer damit zusammenhängender Fragen beschäftigt.

**Schlesisches Kohlenforschungs-Institut der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, begründet von der Fritz von Friedländer-Fuld-Stiftung, Breslau.**

Direktor: FRITZ HOFMANN.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 8.

*Veröffentlichungen:* Die wissenschaftlichen Originalarbeiten des vergangenen Jahres sind in Band II der „Mitteilungen aus dem Schlesischen Kohlenforschungsinstitut der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft", Verlag Gebr. Borntträger 1925 (250 Seiten) erschienen. FRITZ HOFMANN und PAUL DAMM, Die Pyridin-Extraktion oberschlesischer Steinkohle und ihre vorläufigen Ergebnisse. II. Teil. — FRITZ HOFMANN und MYRON HEYN, Über feste Phenole im Steinkohlenurteer. Teil I bis III. — LUDWIG RHEIN-FELDER, Das Verfahren von Dr. F. BERGIUS in seiner Anwendung auf Steinkohlenteere. — FRITZ HOFMANN, Studien über Polymerisationsvorgänge. — KURT VOGT, Über die Einwirkung von Natriumäthylat auf 1—4 Dibromadipinsäurediäthylester und über Polymerisate von Muconsäureestern. — FRITZ HOFMANN und PAUL DAMM, Über 1—3-Dihydrobenzol, seine Derivate und seine Polymerisationsprodukte. — MANFRED DUNKEL, Reinigung von Rohbenzol. Teil I bis IV. — MYRON HEYN, Vorschläge zur Ausführung von Verkokungsproben. — Magistratsoberbaurat SCHREIBER, Die Errichtung des Schlesischen Kohlenforschungsinstitutes. — WOLFGANG GROTE, Der technische Erweiterungsbau des Schlesischen Kohlenforschungsinstitutes. — MANFRED DUNKEL, Zerlegen von Kohlen nach dem spezifischen Gewicht. — WOLFGANG GROTE, Über die Verschwelung der Kohlen im Großbetrieb. — MANFRED DUNKEL, Destillation von Urteer, Pech und Kohle mit überhitztem Wasserdampf im Vakuum. — FRITZ HOFMANN, Probleme der Kohlenforschung. — FRITZ HOFMANN, Von der Kohle zum Kautschuk.

*Weitere Veröffentlichungen:* MANFRED DUNKEL und MYRON HEYN, Welche Aussichten bietet das Bergin-Verfahren für die deutsche Ölversorgung? Naturwissenschaften **13**, 1021—1024. 1925. — MANFRED DUNKEL und MYRON HEYN, Untersuchung eines Berginöls aus niederschlesischer Kohle. Teil I. Brennstoff-Chemie 1926, S. 20—25. Teil II. Brennstoff-Chemie 1926, S. 81—87. Teil III. Brennstoff-Chemie 1926, S. 245 bis 250. — MANFRED DUNKEL. Brikettieren von oberschlesischer Steinkohle ohne Bindemittel, Zeitschr. d. Oberschles. Berg- u. Hüttenmänn. Ver. **65**, 360 bis 365. 1926.

*Noch nicht abgeschlossene Untersuchungen:* Studien über rationelle Verkokung oberschlesischer Steinkohle im Versuchsofen eigener Konstruktion. — Benzolraffination ohne chemische Raffiniermittel. — Fortsetzung und Ausbau früherer Arbeiten des Instituts über die Extraktion oberschlesischer Steinkohlen sowie über die Aufklärung ihres Chemismus. — Studien über chemischen Kohle-Abbau. — Petrographische Untersuchungen an schlesischen Kohlen und Koksen mit Hilfe von An- und Dünnschliffen. — Polymerisationsstudien an Gasen und Flüssigkeiten mit Versuchen unter hohen Drucken. — Ausmittlung neuartiger Katalysatoren.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf.**

Direktor: FRIEDRICH KÖRBER.

Auswärtiger Mitarbeiter: SCHNEIDERHÖHN.

Wissenschaftlicher Gast: FRITZ WÜST.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 28.

*Veröffentlichungen.*

1. In den „Mitteilungen" des Instituts erschienen: E. SIEBEL und F. KÖRBER, Versuche über die Anstrengung und die Formänderungen gewölbter Kesselböden mit und ohne Mannloch bei der Beanspruchung durch inneren Druck. I. Bericht. **7**, 10. Liefg.; II. Bericht. **8**, 1. Liefg. — A. POMP und R. WIJKANDER, Einfluß der Ausbildungsform des Zementits auf die Härtbarkeit des Stahles. **8**, 2. Liefg. — E. SIEBEL und A. POMP, Der Zusammenhang zwischen der Spannungsverteilung und der Fließlinienbildung an Kesselböden mit und ohne Mannloch bei der Beanspruchung durch inneren Druck. **8**, 3. Liefg. — A. POMP und H. SCHWEINITZ, Der Herbert-Pendelhärteprüfer und seine Eignung für die Werkstoffprüfung. **8**, 4. Liefg. — H. SCHMIDT und W. LIESEGANG, Fluchtlinientafel für das sichtbare Spektralgebiet der Wienschen Strahlungsgleichung. **8**, 5. Liefg. — H. SCHMIDT und E. FURTHMANN, Über den Einfluß der Linsenabsorption bei Messungen mit Gesamtstrahlungspyrometer. **8**, 6. Lfg. — F. WÜST, Über den Einfluß von Oxydationsvorgängen auf den Hochofenprozeß. **8**, 7. Liefg.

2. In anderen Zeitschriften erschienen: A. POMP, Akkordfestsetzung und Selbstkostenberechnung in Kaltwalzwerken. Stahl und Eisen **46**, 183. 1926. — F. KÖRBER, Schmelzen, Erstarren und Sublimieren. Handbuch der Physik von H. GEIGER und K. SCHEEL, Bd. X, S. 60. Berlin 1926. — H. BREDEMEIER, Beitrag zur Polymorphie des Eisens. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **151**, 109. 1926.; Kurzer Beitrag zur thermodynamischen Behandlung des Auftretens von Mischungslücken und Verbindungen in festen Lösungen binärer

Systeme. Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **154**, 405. 1926. — A. Pomp, Erfahrungen mit elektrischen Blankglühöfen. Ber. d. Fachausschüsse d. Ver. dtsch. Eisenhüttenleute. Walzwerksausschußbericht Nr. 43. 1926. — F. Wever, Zur Konstitution des Portlandzement-Klinkers. Zement **15**, 220. 1926; Der Hochfrequenz-Induktionsofen. Stahl und Eisen **46**, 533. 1926. — F. Körber, Silicide des Eisens. Zeitschr. f. Elektrochem. **32**, 371. 1926; Über Ätzfärbungen von Eisen-Siliciumlegierungen. Zeitschr. f. anorg. Chem. **154**, 267. 1926. — F. Wever, Über zwei Beispiele rückläufiger Gleichgewichtslinien in anisotropen binären Systemen. Zeitschr. f. anorg. Chem. **154**, 294. 1926. — W. Luyken und E. Bierbrauer, Die Ermittlung der wirtschaftlich günstigsten Anreicherung auf graphischem Wege — ein Beitrag zur Frage rationeller Betriebsgestaltung in Erzaufbereitungen. Metall u. Erz **23**, 249. 1926; Zur Frage der rechnerischen Erfassung des Aufbereitungserfolges. Metall u. Erz **23**, 261. 1926. — H. Schmidt, Die Eichung optischer Betriebspyrometer. Stahl und Eisen **46**, 1258. 1926. — F. Wever und W. Reinecken, Beiträge zur Kenntnis des Systems Eisen-Zinn. Zeitschr. f. anorg. Chem. **151**, 349. 1926.

Arbeiten, die sich zur Zeit in *Bearbeitung*, zum Teil bereits in *Druck* befinden:

*A. Abteilung für mechanische Materialprüfungen.* Einfluß der Probenbreite auf den Kraftverlauf beim Kerbschlagversuch. — Verfestigung metallurgischer Werkstoffe beim Zug- und Druckversuch. — Kaltziehen nahtloser Stahlrohre. — Modellversuche an Kesselböden. — Kritische Untersuchungen über die Bedeutung der Streckgrenze als Güte- und Abnahmeprobe. — Abgekürztes Prüfverfahren zur Ermittlung der Gleitgrenze von Eisen und Stahl bei erhöhter Temperatur.

*B. Physikalische Abteilung.* Über die Röntgen-Emissionsspektren der polymorphen Modifikationen des Eisens. — Beiträge zur Kenntnis der Struktur deformierter Metalle. — Über die Abkühlung von Körpern und Umwandlungen.

*C. Metallographische Abteilung.* Rißbildungen und Anfressungen an Dampfkesselelementen.

*D. Metallurgische Abteilung.* Entschwefelung des Gußeisens durch alkalische Schlacken. — Vergleichende Untersuchungen des Kupolofenschmelzens mit und ohne Kohlenstaub-Zusatzfeuerung. — Einfluß der mechanischen und thermischen Vorbehandlung auf die elektrische Leitfähigkeit des Eisens, Kupfers und Aluminiums.

*E. Chemische Abteilung.* Kritische Untersuchung der Verfahren zur Rückstandsbestimmung in Eisen und Stahl.

*F. Erzaufbereitungs-Abteilung.* Technische und wirtschaftliche Höchstleistung in der Erzaufbereitung und ihre Beziehung zueinander. — Zusammenfassende Bearbeitung für die systematische Erfassung des technischen und wirtschaftlichen Anreicherungserfolges. — Aufbereitungsversuche mit Eisenmanganerzen der Braunsteinbergwerke Dr. Geier.

*Noch nicht abgeschlossene Untersuchungen:* 1. Vergleichende Untersuchungen über die mechanischen Eigenschaften von Kesselbaumaterialien bei erhöhter Temperatur. — Kaltwalzen von Bandeisen und Bandstahl. — 2. Untersuchungen über binäre Zustandsdiagramme des Eisens. — Gesamtstrahlungsmessungen fester Körper. — Verfahren zur Bestimmung von Gastemperaturen. — Bestimmung spezifischer Wärme metallurgisch wichtiger Stoffe. — Untersuchungen über den Verlauf metallurgischer Reaktionen im Hochfrequenzofen. — 3. Untersuchung der Schwindung und Warmrißbildung von Stahlformguß. — 4. Untersuchung über die Diffusion von Wasserstoff in Eisen. — Entstehung der Beizblasen. — 5. Die Bedeutung der reduzierenden Röstung für die magnetische Anreicherung von Eisenerzen.

### Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem.

Direktor: Wichard von Moellendorff.

Stellvertretender Direktor und wissenschaftliches Mitglied: Otto Bauer.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 11.

*Veröffentlichungen:* K. Weissenberg, Die Transformationseigenschaften der Objekte und ihre systematische und physikalische Bedeutung. Zeitschr. f. Physik **34**, 406. 1925; Die geometrische Strukturtheorie der Krystalle. Zeitschr. f. Physik **34**, 42. 1925; Die Analyse des Krystallbaues. Zeitschr. f. Physik **34**, 433. 1925. — G. Sachs und E. Seidl, Örtlicher Massenausgleich unter der Wirkung örtlich angreifender Kräfte in Technik und Geologie. Naturwissenschaften **13**, 1032/40. 1925. — O. Bauer und H. Arndt, Das Verhalten einiger Metalle und Legierungen gegenüber der Einwirkung von Plastilin und freiem Schwefel. Mitt. a. d. Materialprüfungsamte u. d. Kaiser Wilhelm-Inst. f. Metallforsch. zu Berlin-Dahlem. Sonderheft II, S. 16. 1926. — E. Schiebold und G. Sachs, Graphische Bestimmung der Gitterorientierung von Krystallen mit Hilfe des Laueverfahrens. Zeitschr. f. Krystallogr. **63**, 34—48. 1926. — G. Sachs, Einige Beobachtungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen. Zeitschr. f. Metallk. **18**, 209—12. 1926; Werkstoffprüfung und Werkstoffeigenschaften. Bemerkungen über die Bedeutung des Zugversuches. Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. **69**. 1926; Anwendung der Röntgenstrahlen für die Werkstoffuntersuchung. Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. **69**. 1926. — F. v. Göler und G. Sachs, Gefüge und Festigkeitseigenschaften von reinstem Aluminium. Zeitschr. f. Metallk. **18**. 1926.

*Im Druck* befindliche Arbeiten: O. Bauer und H. Arndt, Die Wirkung verschiedener Desoxydationsmittel auf kupferoxydulhaltiges Kupfer. — O. Bauer und M. Hansen, Das Erstarrungs- und Umwandlungsschaubild der Kupfer-Zink-Legierungen. — O. Bauer und O. Vollenbruck, Die Härte der Kupfer-Zink-Legierungen. — G. Fiek und G. Sachs, Steigerung und Festigkeitseigenschaften von T-Trägern. — W. Kuntze und G. Sachs, Der Zugversuch am Flachstab. — G. Sachs, Versuche zum Walz- und Schmelzvorgang; Beitrag zum Härteproblem. — F. v. Göler und G. Sachs, Walz- und Rekrystallisationstextur von flächenzentrierten Metallen. — R. Karnop und G. Sachs, Die Festigkeitseigenschaften von Aluminiumkrystallen bei Zugversuchen; Rekrystallisationsversuche an Aluminiumkrystallen. — E. Schiebold und G. Richter, Studien über Zugversuche.

*Noch nicht abgeschlossene* bzw. in *Vorbereitung* befindliche Arbeiten: Korrosionsversuche mit Aluminiumlegierungen. — Röntgenographische Untersuchungen über die Gitterkonstanten der Gold-Silber-Legierungen. — Die Umwandlung des $\beta$-Messings. — Festigkeits- und Rekrystallisationsversuche an Gold-Silber-Legierungen. — Das Verhalten von Gußkupfer bei Verarbeitungsvorgängen.

### Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie, Berlin-Dahlem.

Direktor: Reginald Oliver Herzog.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 17.

*Veröffentlichungen:* R. O. Herzog, Zur Erkenntnis der Cellulosefaser. Ber. d. dtsch. chem. Ges. **58**, 1254 bis 1262; Fortschritte in der Erkenntnis der Faserstoffe.

Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 297—302; The Nature of the Structure of Cellulose and its Significance in Chemical Transformations. Journ. physical chem. **30**, 457—469; Zur Viscosereifung. Papierfabrikant **24**, Sonderheft, S. 94—97. — G. LASKI und S. TOLKSDORF, Eine einfache Absorptionsmethode in Ultrarot. Naturwissenschaften **14**, 488. — R. O. HERZOG, Bemerkung zu der Mitteilung von E. OTT: Röntgenometrische Untersuchungen an hochpolymeren organischen Substanzen zum Zwecke einer Abgrenzung des Molekulargewichtes derselben. Physikal. Zeitschr. **27**, 378—379. — R. O. HERZOG und H. W. GONELL, Über Kollagen. Collegium 1926, S. 189. — R. O. HERZOG und D. KRÜGER, Über die Dispergierbarkeit organischer Kolloide, Naturwissenschaften **14**, 599. — R. O. HERZOG und G. LASKI, Die ultraroten Absorptionsspektren der Cellulose im Gebiet der Fluoritdispersion. Zeitschr. f. physikal. Chem. **121**, 136—142. — R. O. HERZOG, X-ray Investigations on Cellulose. Paper Trade Journ. **83**, 52—55; Fortschritte in der Erkenntnis der Faserstoffe. Papierfabrikant **24**, 137—142. — R. O. HERZOG und H. W. GONELL, Zur Kenntnis der Seidenbeschwerung. Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 380—381. — R. O. HERZOG, Röntgenspektrographischer Vergleich von Lichenin und Cellulose. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 119—124. — H. W. GONELL, Röntgenographische Studien in Chitin. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 18—30. — R. O. HERZOG, Über die Streifigkeit von Geweben, Gewirken usw. aus Kunstseide. Melliands Textilber. **7**, 43; Die Kunstseideindustrie. Melliands Textilber. **7**, 21—22. — A. HILLMER, Über die Löslichkeit von Lignin in Phenolen. Cellulosechemie **6**, 169. 1925. — R. O. HERZOG, X-ray Investigations on Cellulose. Pulp and Paper, Juni 1926, S. 649; The Cellulose Symposium. Pulp and Paper, Juni 1925, S. 665; Anwendung der Röntgenspektrographie für die Untersuchung kolloider Systeme. Kolloid-Zeitschr. **37**, 355—358; Fortschritte in der Erforschung der Faserstoffe. Umschau **29**, 1030—1033; Bemerkung zu: Reifung der Viscose unter besonderer Berücksichtigung der kolloidchemischen Veränderung, von RUD. BERNHARDT. Kunstseide **7**, 261—282. — R. O. HERZOG und D. KRÜGER, Depolimerisation oder Dispergierung der Cellulose? Naturwissenschaften **13**, 1040—1042. — R. O. HERZOG, Zur Erkenntnis der Vorgänge bei der Gewinnung von Kunstfasern nach dem Viscoseverfahren. Papierfabrikant **23**, Sonderheft, S. 115—117. — R. O. HERZOG und K. WEISSENBERG, Das Molekül im Krystall. Kolloid-Zeitschr. **37**, 23—24. — D. KRÜGER, Über die Teilchengröße von Holzcellulose. Papierfabrikant **23**, 767. 1925. — R. O. HERZOG, Über die Quellung der Cellulose. Kolloid-Zeitschr. **39**, 98—107; Methodische Untersuchungen an Viscoselösungen Kolloid-Zeitschr. **39**, 252—262. — W. GORDON, Zur Theorie der Kontraktion der Mercerisation. Kolloid-Zeitschr. **39**, 107—110. — R. O. HERZOG, Der krystalline Aufbau von Acetyl- und Nitrocellulose. Helvetica chim. acta 1. Mai 1926. — R. O. HERZOG und D. KRÜGER, Diffusionsversuche an Lösungen von Cellulose in Kupferaminlösung. Kolloid-Zeitschr. **39**, 250—262. — M. v. LAUE und H. MARK, Die Zerstreuung inhomogener Röntgenstrahlen an mikrokrystallinen Körpern. Akademieberichte 1926. — W. BASCHE und H. MARK, Struktur der Verbindungen vom Typus $MeXO_4$. Zeitschr. f. Krystallogr. 1926. — H. MARK und W. STEINBACH, Struktur und Doppelbrechung des $Hg_2Cl_2$. Zeitschr. f. Krystallogr. 1926. — E. A. HAUSER und H. MARK, Über die Struktur gedehnter Kautschukproben. 2. Mitteilung. Kolloidchem. Beih. 1926. — W. EHRENBERG und H. MARK, Anomale Dispersion von Röntgenstrahlen. Zeitschr. f. Physik 1926; Natürliche Breite der Röntgenemissionslinien. Zeitschr. f. Physik 1926. — H. KALLMANN und H. MARK, Eigenschaften der Comptonstrahlung. Zeitschr. f. Physik 1926. — H. MARK und E. POHLAND, Gitter des $CO_2$. Zeitschr. f. Krystallogr. 1926.

*Im Druck* befindliche Arbeit: R. O. HERZOG und W. JANCKE, Über Kollagen II. Ber. d. dtsch. chem. Ges.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Lederforschung, Dresden.**

Direktor: MAX BERGMANN.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 15.

*Veröffentlichungen:* M. BERGMANN, Über den hochmolekularen Zustand von Kohlenhydraten und Proteinen und seine Synthese. Zeitschr. f. angew. Chem. **38**, 1141. 1925. — M. BERGMANN und F. STATHER, Umlagerungen peptidähnlicher Stoffe. 7. Mitteilung. Umwandlung eines cystinhaltigen Diketopiperazins. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 189. 1926. — M. BERGMANN und L. ZERVAS, Über die Aldehydverbindungen der Aminosäuren und ihre präparative Verwendung. Zeitschr. f. physiol. Chem. **152**, 282. 1926; Collegium 1926, Nr. 675, S. 294. — M. BERGMANN und F. STERN, Über Dehydrierung von Aminosäuren. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 20. 1926. — M. BERGMANN und F. STATHER, Über isomere Dioxopiperazine: Iso-3-methylen-6-isobutyl-2,5-dioxopiperazin. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 32. 1926. — M. BERGMANN und H. ENSSLIN, Über isomere Dioxopiperazine Allo-3-methylen-2,5-dioxopiperazin und Allo-3-methylen-6-methyl-2,5-dioxopiperazin. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 38. 1926. — M. BERGMANN, Über den hochmolekularen Zustand der Proteine und die Synthese proteinähnlicher Piperazin-Abkömmlinge. Naturwissenschaften **13**, 1045. 1925; Collegium 1925, Nr. 667, S. 555. — M. BERGMANN und M. GIERTH, Über isomere Alkylverbindungen des Cyclohexanol-(2)-on-(1). Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 48. 1926. — M. BERGMANN und E. KNEHE, Über ein assoziierendes Hexosan. Liebigs Ann. d. Chem. **448**, 76. 1926. — M. BERGMANN und F. STATHER, Studien zum Äschervorgang: Über die Veränderung von Keratinen durch Alkalien. Collegium 1926, Nr. 674, S. 249.

*Im Druck* befindliche Arbeiten: M. BERGMANN, E. KANN und A. MIEKELEY, Über Dehydrierung des Asparagins und seine Verwandlung in Brenztraubensäure. Liebigs Ann. d. Chem. — M. BERGMANN und H. KÖSTER, Über Arginin und seine Umwandlung in Ornithin. Zeitschr. f. physiol. Chem. — M. BERGMANN, F. STERN und CH. WITTE, Über neue Verfahren der Synthese von Dipeptiden und Dipeptid-Anhydriden. Liebigs Ann. d. Chem. — M. BERGMANN und E. KNEHE, Über die individuelle Atomgruppe des Insulins. Liebigs Ann. d. Chem. — M. BERGMANN, A. MIEKELEY und E. KANN, Über verschiedene Typen von Aminosäureanhydriden und ihr Verhalten gegen Gerbstoffe und Farbstoffe. Biochem. Zeitschr. — M. BERGMANN, Allgemeine Strukturchemie der komplexen Kohlenhydrate und der Proteine. Vortrag auf Einladung der Deutschen Chemischen Gesellschaft gehalten auf der Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte, Düsseldorf. (Erscheint in den Ber. d. dtsch. chem. Ges.)

Es ist beabsichtigt, die in verschiedenen Zeitschriften verstreuten Instituts-Veröffentlichungen der beiden letzten Berichtsjahre in einem Sammelband zusammenzufassen, welcher den an den Arbeiten des Instituts interessierten Kreisen zugänglich gemacht werden soll.

*Im Gang* befindliche Untersuchungen: Über den Aufbau der Eiweißstoffe und anderer hochmolekularer Naturstoffe. — Über die Veränderung, welche die

Hautsubstanz und die Haarsubstanz unter der Einwirkung verschiedener Chemikalien erleidet. — Technologische Arbeiten.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Silikatforschung, Berlin-Dahlem.**

Direktor: WILHELM EITEL.

Wissenschaftliche Mitglieder: FRANZ WEIDERT, HERMANN MARK.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 13.

*Veröffentlichungen:* Über die Arbeiten des Instituts liegen bereits einige Publikationen fertig abgeschlossen vor; eine Reihe vorläufiger Mitteilungen schließen sich dem an, auch eine Veröffentlichung über das Pyrosol-Phänomen in Schlacken, Salzschmelzen, Mineralien usw. (gemeinsam von R. LORENZ und W. EITEL in Buchform erschienen, Leipzig: Akademische Verlagsbuchhandlung 1926).

*Im Gang* befindliche Untersuchungen: 1. Untersuchung der Krystallstruktur des Disthens, Andalusits und Sillimanits. 2. Im Zusammenhang damit thermische Versuche bei sehr hohen Temperaturen, welche die Schmelzgleichgewichte im Tonerde reichen Teil des Systems $SiO_2-Al_2O_3$ betreffen. 3. Untersuchungen über Carbonatsysteme mit Doppelsalzen vom Typus des Dolomits. 4. Arbeiten betr. Verhalten der Pyrosole und Silikatschmelzen mit kolloidalen Einlagerungen bei hohen Temperaturen. 5. Erforschung einiger für die Probleme der Konstitution der Gläser grundlegend wichtiger Silikatsysteme.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Physik, Berlin.**

Direktor: ALBERT EINSTEIN.

Stellvertretender Direktor: MAX v. LAUE.

Das Institut unterstützt aus seinen Fonds die physikalisch-wissenschaftliche Arbeit in allen Teilen des deutschen Sprachgebietes. Aus seinem Personaletat verleiht es eine Reihe Stipendien an junge Forscher, um diesen rein wissenschaftliche Arbeiten zu ermöglichen. Es sind im Berichtsjahre solche Stipendien verliehen worden auf Antrag von BORN, Göttingen, FÜCHTBAUER, Rostock, MIE, Freiburg und SCHAEFER, Marburg. Aus seinem Sachetat beschafft es physikalische Apparate, welche auf Antrag an einzelne Forscher ausgeliehen werden, aber stets Eigentum des Kaiser Wilhelm-Instituts bleiben.

Arbeiten, welche aus den Mitteln des Kaiser Wilhelm-Instituts für Physik unterstützt worden sind: M. BORN und BOLLNOW, Zur Gittertheorie des Rutils. Naturwissenschaften 1925, H. 25. — M. BORN und P. JORDAN, Zur Quantentheorie periodischer Vorgänge. Zeitschr. f. Physik **33**, 7. 1925; Zur Quantenmechanik. Zeitschr. f. Physik **34**, 11/12. 1925. — O. F. BOLLNOW, Zur Gittertheorie der Krystalle des Titanoxyds, Rutil und Anatas. Zeitschr. f. Physik **33**, 10/11. 1925. — FRITZ EBERT, Die Anomalien der Pulveraufnahmen nach der Debye-Scherrer-Methode und die experimentelle Prüfung der Strukturvorschläge für Graphit. Dissertation Greifswald 1925. — ULRICH GERHARDT, Eine Anwendung der Methode des Michlesonschen Sterninterferometers auf die Messung kleiner Teilchen. Dissertation Berlin 1925. — G. HOFFMANN, Über den Streueffekt der $\gamma$-Strahlen im Wasser und den Ursprung der durchdringenden Strahlung im Meeresniveau. Physikal. Zeitschr. **27**, 291—297. 1926; Über den Comptoneffekt bei $\gamma$-Strahlen. Zeitschr f. Physik **36**, H. 4. 1926; Registrierbeobachtungen der Höhenstrahlung im Meeresniveau. Ann. d. Physik **80**, Nr. 16. 1926. — OTTO KLEMPERER, Über Geschwindigkeitsverluste von Kathodenstrahlen in Metallfolien. Zeitschrift f. Physik **34**, H. 5/7. 1925. — RICHARD KONRAD, Über die Streuungsabsorption von Wasserstoffkanalstrahlen beim Durchgang durch Wasserstoff und Helium. Zeitschr. f. Physik **35**, H. 2. 1925. — FRITZ KIRCHNER, Über die Leuchtdauer der Röntgenstrahlen. Ann. d. Physik **78**, 4. 1925; Bemerkung zur Arbeit von G. HAGEN über den Comptoneffekt. Ann. d. Physik **78**, 4. 1925. — A. KNIEPKAMP, Über die Anwendbarkeit von Entladungsröhren mit Edelgasfüllung als Photometer. Dissertation Berlin 1926. — FRITZ KIRCHNER, Über den Comptoneffekt und lichtelektrischen Effekt an polarisierten Röntgenstrahlen. Physikal. Zeitschr. **27**, 385—388. 1926. — ERICH NIES, Über den Einfluß tiefer Temperaturen auf die Reflexion von Röntgenstrahlen an Kalkspat. Dissertation Berlin 1925. — A. REIMANN, Über die Photolumineszenz des Benzols und einiger Derivate in verschiedenen Aggregat- und Lösungszuständen. Dissertation Berlin 1926. — G. C. SCHMIDT, Über Ionenstrahlung. Ann. d. Physik **80**, 14. 1926. — JOH. THIELE, Thermoströme bei Elektrolyten. Physikal. Zeitschr. 1925, S. 321—329. — STEUBING, Neue Untersuchungen im elektrischen Feld. Physikal. Zeitschr. **26**, 915. 1925. — ERNST WAGNER, Versuche über Polarisation von spektral zerlegter Brunsstrahlung. Ann. d. Physik Januar 1926.

**Kaiser Wilhelm-Institut für Strömungsforschung, verbunden mit der Aerodynamischen Versuchsanstalt, Göttingen.**

Direktor: LUDWIG PRANDTL.

Stellvertretender Direktor und wissenschaftliches Mitglied: ALBERT BETZ.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 20.

Die wichtigsten *Veröffentlichungen* in Zeitschriften usw.: PRANDTL und TIETJENS, Kinematographische Strömungsbilder. Naturwissenschaften 1925, S. 1050. — PRANDTL, Erste Erfahrungen mit dem rotierenden Laboratorium. Naturwissenschaften 1926, S. 425; Bericht über neuere Turbulenzforschung. In „Hydraulische Probleme". Berlin: V.D.I.-Verlag 1926. — BETZ, Über die Vorgänge an den Schaufelenden von Kaplanturbinen. In „Hydraulische Probleme". Berlin: V.D.I.-Verlag 1926; Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen. Verlag Vandenhoek & Ruprecht; Mechanik flüssiger und luftförmiger Körper. „Hütte", des Ingenieurs Taschenbuch, 25. Aufl., 1925, S. 332. — ACKERET, Grenzschichtabsaugung. Zeitschr. d. Ver. dtsch. Ing. 1926, S. 1153. — SCHRENK, Versuche an einer Kugel mit Grenzschichtabsaugung. Zeitschr. f. Feinmech. 1926, S. 366. — TIETJENS, Kinematographische Strömungsaufnahmen von rotierenden und nichtrotierenden Zylindern. Jahrb. d. WGL. 1925. Beiheft 3 d. Zeitschr. f. Feinmech. 1925, S. 100. — NIKURADSE, Untersuchung über die Geschwindigkeitsverteilung in turbulenten Strömungen. Göttinger Dissertation 1923; Forschungsarb. d. Ver. dtsch. Ing. 1926, H. 281. — BLENK, Der Eindecker als tragende Wirbelfläche. Göttinger Dissertation 1923; Auszug in Zeitschr. f. angew. Mathem. u. Mech. 1925, S. 36. — DÖNCH, Divergente und konvergente turbulente Strömungen mit kleinen Öffnungswinkeln. Göttinger Dissertation 1925; Forschungsarb. d. Ver. dtsch. Ing. 1926, H. 282.

Von den eigenen Veröffentlichungen des Instituts ist Heft 4 der „Vorläufigen Mitteilungen" erschienen mit 2 Beiträgen: ACKERET, BETZ und SCHRENK, Versuche an einem Flügel mit Grenzschichtabsaugung. — SCHRENK, Oberflächenrauhigkeit auf Tragflügeln. — Von den „Ergebnissen der Aerodynamischen Versuchsanstalt" ist die ziemlich umfangreiche III. Lieferung mit zahlreichen Einzelbeiträgen zur Zeit in Druck.

In *Vorbereitung* befindliche Darstellungen: PRANDTL, Gleichgewicht und strömende Bewegung der Flüssigkeiten und Gase; für das Physik-Lehrbuch von MÜLLER-POUILLET. — BETZ, Tragflügel und hydraulische Maschinen; für das Handbuch der Physik. — ACKERET, Gasdynamik für das Handbuch der Physik. — Ferner Abhandlungen von TOLLMIEN, Berechnung turbulenter Ausbreitungsvorgänge (erscheint in Zeitschrift f. angew. Mathem. u. Mech.); FLACHSBART, Neuere Untersuchungen über den Widerstand von Kugeln; Profilwiderstandsmessungen nach der BETZschen Impulsmethode. — SEIFERTH, Untersuchung eines Windradflugzeuges; Untersuchung eines Savonius-Rotors. — SCHRENK, Absaugeversuche mit dicken Strebenprofilen; Systematische Versuche mit Joukowsky-Profilen. Sämtlich für die Zeitschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt vorgesehen.

*Im Gang* befindliche Untersuchungen: 1. Abteilung für Strömungsforschung: Versuche über Kavitation, über die Strömung an rotierenden Zylindern, über die Entstehung der Turbulenz in Röhren, über die turbulente Geschwindigkeitsverteilung in Kanälen von nicht kreisförmigem Querschnitt, Messungen der Geschwindigkeitsverteilung und des Druckabfalls in Kanälen mit rauhen Wänden, Untersuchungen mit Überschallgeschwindigkeitsströmungen. 2. Aerodynamische Versuchsanstalt (neben den laufenden Versuchen für die Industrie): Studien über die Zusammenwirkung von Propellern mit den Tragflügeln und dem Rumpf des Flugzeugs; Grenzschichtmessungen an Flügeln und ähnlichen Objekten; Versuche über die Ausbreitung des Windschattens hinter irgendwelchen Objekten; Fortsetzung der Versuche über Grenzschichtabsaugung; Studium der Strömung in gekrümmten Kanälen; Winddruckmessungen an Gebäudemodellen.

**Kaiser Wilhelm-Institut für deutsche Geschichte, Berlin.**

Direktor: PAUL KEHR.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 10.

*Arbeiten:* a) Germania sacra. Unter ständiger Mitarbeit von Dr. WENTZ, Brandenburg, Dr. DIESTELKAMP, Magdeburg, Dr. MEINERT, Speier, und mit Beihilfe der D.Dr. SCHMIDT und OHNESORGE. — b) Korrespondenz Kaiser Karls V. Unter ständiger Mitarbeit von Dr. WALSER. — c) Kaiser Wilhelm-Briefe. Unter ständiger Mitarbeit von Dr. SCHULTZE, Dr. GRANIER und Dr. SCHUSTER.

*Druckfertig* ist Band III der Kaiser Wilhelm-Briefe (Schweriner Briefe) von Staatsarchivrat Dr. JOH. SCHULTZE; zum Druck vorbereitet der I. Band der Germania sacra (Mark Brandenburg).

**Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, Berlin, mit Zweigstelle Trier.**

Direktor: VIKTOR BRUNS.

Wissenschaftliche Berater: HEINRICH TRIEPEL, RUDOLF SMEND.

Wissenschaftliche Mitglieder: LUDWIG KAAS, Leiter der Zweigstelle Trier; FRIEDRICH GLUM.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 18.

*Veröffentlichungen:* FR. SCHILLER, Der Eintritt des Deutschen Reiches in den Völkerbund als Rechtsfrage. Arch. d. öffentl. Rechts, n. F. 11, S. 41—70.

**Institut für ausländisches und internationales Privatrecht, Berlin.**

Direktor: ERNST RABEL.

Wissenschaftliche Berater: ERNST HEYMANN, HEINRICH TITZE, MARTIN WOLFF.

Gesamtzahl der wissenschaftlich Arbeitenden: 6.

In *Bearbeitung* befindet sich eine Darstellung der Gesetzgebung und Rechtsprechung in Mittel-, Süd- und Westeuropa.

**Hydrobiologische Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Plön (Holstein).**

Leiter: AUGUST THIENEMANN.

Gesamtzahl der ständig wissenschaftlich Arbeitenden: 4; vorübergehend an der Anstalt tätig: 10.

*Veröffentlichungen:* A. THIENEMANN, Die Binnengewässer Mitteleuropas. Bd. I der Sammlung: Die Binnengewässer. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1926; Limnologie. Eine Einführung in die biologischen Probleme der Süßwasserforschung. Jedermanns Bücherei. Breslau: Ferdinand Hirth 1926; Das Leben der Binnengewässer. Eine methodologische Übersicht und ein Programm. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden IX, 2, S. 653—680; Ein empfindlicher Indicator für Veränderungen im Chemismus der Binnengewässer. Naturwissenschaften 13, 868—869; „Pfisters Mühle." Ein Kapitel aus der Geschichte der biologischen Wasseranalyse. Verhandl. naturhist. Ver. preuß. Rheinlande u. Westfalens 82, S. 315—329; Wilhelm Raabe und die Abwasserbiologie. Mitt. d. Ges. d. Freunde Wilhelm Raabes 1925, Nr. 4, Sep. S. 1—8; Zwei tiergeographische Probleme aus unserer Bach- und Quellfauna. Mikrokosmos 19, 126—131; Holopedium gibberum in Holstein. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. A: Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 5, 755—776; Insekten aus norddeutschen Quellen mit besonderer Berücksichtigung der Dipteren. Dtsch. Entomolog. Zeitschr. 1926, S. 1—50; Die Bedeutung des Laacher Sees für die Tierkunde und Seenkunde. „Aus Natur und Heimat" 1, 42—49; Führt die Tierwelt wirklich einen Vertilgungskrieg gegen die Pflanzenwelt? Der Naturforscher 3, 225—228; Hydrobiologische Untersuchungen an den kalten Quellen und Bächen der Halbinsel Jasmund auf Rügen. Arch. f. Hydrobiol. 17, 221—336; Der Nahrungskreislauf im Wasser. Verhandl. d. dtsch. zool. Ges. 1926, S. 29—79. — FR. LENZ, Im Kaukasus und in der Kirgisensteppe. Verhandl. d. Int. Ver. Limnol. 3, 47—53. — J. LUNDBECK, Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. Arch. f. Hydrobiol. Suppl.-Bd. 3; Ergebnisse der quantitativen Untersuchungen der Bodentierwelt norddeutscher Seen. Zeitschr. f. Fischerei 24, 1; Die Bedeutung der Bodentiere für die Fischerei. Mitt. d. Fischereiver. f. d. Prov. Brandenburg 18, 3. — E. WASMUND, Biocoenose und Thanatocoenose. Biosoziologische Studie über Lebensgemeinschaften und Totengesellschaften. Arch. f. Hydriobiol. 17, 1—116. — G. PETERSEN, Hydrogeologische Studien auf Jasmund (Rügen). Arch. f. Hydrobiol. 16, 361—398. — J. HAUER, Drei neue Lepadellaarten aus den Kiemenhöhlen des Flußkrebses. Arch. f. Hydrobiol. 16, 459—464. — W. KLIE, Entomostraken aus Quellen. Arch. f. Hydrobiol. 16, 243—301.

*Im Druck* befindliche Arbeiten: A. THIENEMANN u. a., Das Salzwasser von Oldesloe. II. Teil. Mitt. d. Geogr. Ges. u. Nat.-Mus. Lübeck. — FR. LENZ, Chironomiden aus dem Balatonsee. Archivum Balatonicum L. Bd.; Limnologische Laboratorien. Abderhaldens Handbuch d. biologischen Arbeitsmethoden IX, 2; Salzwasser-Chironomus. Mitt. d. Geogr. Ges. u. Nat.-Mus. Lübeck; Stratiomyidenlarven aus dem Salzwasser. Mitt. d. Geogr. Ges. u. Nat.-Mus. Lübeck; Die Chironomiden-Metamorphose in ihrer Bedeutung für die Systematik. Verhandl. d. 1. Wandervers. dtsch. Entomol. zu Halle; Die Larve der Mycetophilide Gnoriste apicalis Mg. als Quellbewohner. Verhandl. d. 1. Wandervers. dtsch. Entomol. zu Halle.

*Noch nicht abgeschlossene Untersuchungen:* Die

Verbreitung der glazial-marinen Reliktenkrebse in Norddeutschland. — Die Litoralfauna norddeutscher Seen, insbesondere kalkarmer Seen. Limnologie holsteinischer Strandseen. Die Chironomidenfauna der norddeutschen Seen. Die Entomostraken der norddeutschen Seen. Chironomiden-Metamorphosen.

In der limno-chemischen Abteilung sind zunächst folgende Fragen in Angriff genommen: 1. Allgemeine Übersicht über Menge und Verteilung der nur spurenweise im Wasser enthaltenen Nährstoffe. 2. Trifft es auch für die baltischen Seen zu, daß — wie für die Schweizer Seen behauptet — die Nitrate in den obersten Wasserschichten zeitweise völlig vom Phytoplankton aufgezehrt werden? 3. Welche Einflüsse bedingen das Abbrechen von Phytoplankton-, insbesondere Diatomeen-Wucherungen? Prüfung der voneinander abweichenden Auffassungen der einzelnen Forscher. 4. Besteht die mehrfach vertretene Ansicht zu Recht, daß die Verschiedenheit der Phytoplanktonquantität in den einzelnen Seen durch den größeren oder geringeren Gehalt des Seewassers an Stickstoff- und Phosphorsäureverbindungen bedingt wird?

**Biologische Station in Lunz (Niederösterreich) (Kupelwiesersche Stiftung).**

Leiter: FRANZ RUTTNER.

*Besuch durch auswärtige Gäste:* Es waren 51 Personen durch zusammen 168 Wochen an der Station wissenschaftlich tätig, darunter 27 Teilnehmer eines dreiwöchentlichen, als Kolleg der Wiener Universität abgehaltenen hydrobiologischen Kurses.

*Veröffentlichungen:* BREHM und RUTTNER, Die Biocönosen der Lunzer Gewässer. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 1926. — F. RUTTNER, Über den Gaswechsel von Elodeasprossen verschiedener Tiefenstandorte unter den Lichtbedingungen größerer Seetiefen. Planta 1926; Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert. Naturwissenschaften 1926. — L. GEITLER, Über Chromatophoren und Pyrenoide bei Peridineen. Arch. f. Protistenkunde 1926; Zwei neue Chrysophyceen und eine neue Syncyanose aus dem Lunzer Untersee. Arch. f. Protistenkunde 1926. — F. STEINECKE, Die Zweischaligkeit im Membranbau der Zygnemalen und ihre Bedeutung für die Phylogenie der Conjugaten. Arch. f. Botanik 1926; Die Gipskrystalle der Closterien als Statolithen. Arch. f. Botanik 1926; Algologische Notizen. Arch. f. Botanik 1926. — O. STORCH, Über den Fangapparat eines Ostracoden. Verhandl. d. dtsch. zoolog. Ges. 1926.

*Begonnene oder fortgeführte Untersuchungen:* GAMS, Wasserburg, Aufnahme der Vegetationskarte und pollenanalytische Studien. — GEITLER, Wien, Fortpflanzung der Diatomeen. — KRAWANY, St. Pölten, Die Trichopterenfauna des Gebietes. — STEINECKE, Königsberg, Mikroflora der Moore. — ZIH, Debrecen, Bakteriologische Untersuchungen des Wassers der Seen. — v. PORTHEIM, Wien, Insulinnachweis in submersen Gewächsen. — STORCH, Wien, Nahrungsaufnahme der Kopepoden-Nauplien. — WALTER, Heidelberg, Bestimmung der Verdunstungsgröße. — RUTTNER, Lunz, Versuche über die Assimilation der Bicarbonatkohlensäure durch submerse Gewächse.

**Vogelwarte Rossitten, Rossitten (Kurische Nehrung).**

Leiter: JOHANNES THIENEMANN.

*Veröffentlichungen:* Bericht über den Vogelberingungsversuch in den Jahren 1923 und 1924. Journ. f. Ornithologie 74, 60ff. 1926.

In *Bearbeitung* befindet sich ein Buch des Leiters der Anstalt über seine 25jährige Tätigkeit auf der Vogelwarte Rossitten. Ausgeführt sind Versuche über den Orientierungssinn der Zugvögel, über Erwachen und Erlöschen des Zugtriebes sowie über die Schnelligkeit des Vogelzuges.

**Deutsches Entomologisches Museum der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Berlin-Dahlem.**

Leiter: WALTHER HORN.

Ausländische Gäste: 3.

*Veröffentlichungen:* HORN, On four new Cicindelae of the neotropical region. Revista Chilena de Historia Natural 1925; Über 16 alte und neue Cicindeliden der Welt. Entomol. Blätter 1925; Two new Cicindelinae from Ceylon. The Entomologist's Record 1925; Coleopterorum Catalogus: Carabidae: Cicindelinae. 1926; Über die Genese von Cicindela hybrida- und campestris-Formen sowie die Cicindeliden-Fauna von Uganda und den „Vacarias" von Matto Grosso. Entomolog. Mitt. 1926; Über den Verbleib der entomologischen Sammlungen der Welt (ein Beitrag zur Geschichte der Ento-Museologie). Supplementa Entomologica 1926; Über die Notlage der systematischen Entomologie, mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Deutschland, und Reformvorschläge. 3. Internationaler Entomologen-Kongreß, Zürich 1925. 1926; Über die Geschichte der ältesten Entomologie und den Einfluß des Christentums in seinen ersten Jahrhunderten. 3. Internationaler Entomologen-Kongreß, Zürich 1925. 1926. — J. J. KIEFFER, Neue Chironomiden aus dem Deutschen Entomologischen Institut zu Berlin-Dahlem. Entomolog. Mitt. 1926. — NAVAS, B. P. LONGINOS, Trichoptera, Megaloptera und Neuroptera aus dem Deutschen Entomologischen Institut zu Berlin-Dahlem. — M. PIC, H. Sauters Formosa-Ausbeute: Mordellidae, Lycidae, Cantharidae. — SCHMITZ, H. Sauters Formosa-Ausbeute: Phoriden.

Die erste bibliographische Aufgabe, welche sich das Museum gestellt hat, ist eine völlige Neubearbeitung der klassischen „Bibliotheca Entomologica" von HAGEN.

**Die meteorologischen Observatorien auf dem Sonnblick (3106 m) bei Gastein und dem Obir (2140 m) bei Klagenfurt.**

Leiter: ARTUR WAGNER.

Die meteorologischen Beobachtungen auf beiden Observatorien wurden im Ausmaße einer meteorologischen Station erster Ordnung ohne Unterbrechung weitergeführt; die Aufzeichnungen werden an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien bearbeitet und in deren Jahrbüchern veröffentlicht.

Am Sonnblick hielt sich diesen Sommer durch 4 Wochen Herr Dr. F. ALBRECHT aus Potsdam auf, um sowohl Strahlungsmessungen als auch Untersuchungen über Wassergehalt und Tropfengröße in Wolken anzustellen; die Ergebnisse sollen demnächst publiziert werden.

In der Umgebung des Sonnblicks wurden drei Totalisatoren, und zwar in der Seehöhe von rund 2000, 2500 und 3000 m aufgestellt, mit welchen die Abhängigkeit der Niederschlagsmenge von der Seehöhe bestimmt werden soll.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.